

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**ABSORÇÃO, DISTRIBUIÇÃO E REDISTRIBUIÇÃO DE NITROGÊNIO
(¹⁵N) EM CULTIVARES DE ARROZ DE TERRAS ALTAS EM FUNÇÃO
DA APLICAÇÃO DE REGULADORES VEGETAIS**

RITA DE CÁSSIA FÉLIX ALVAREZ

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia - Área de Concentração em Agricultura.

BOTUCATU-SP
Dezembro – 2003

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**ABSORÇÃO, DISTRIBUIÇÃO E REDISTRIBUIÇÃO DE NITROGÊNIO
(15N) EM CULTIVARES DE ARROZ DE TERRAS ALTAS EM FUNÇÃO
DA APLICAÇÃO DE REGULADORES VEGETAIS**

RITA DE CÁSSIA FÉLIX ALVAREZ

Orientador: Prof. Dr. João Domingos Rodrigues

Co – Orientador: Prof. Dr. Carlos Alexandre Costa Crusciol

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia - Área de Concentração em Agricultura.

BOTUCATU-SP
Dezembro – 2003

OFEREÇO

Aos meus pais, João Camarim Alvarez e Rita Félix Alvarez.

À minha irmã, Angela Cristina Camarim Alvarez.

Exemplos de dignidade e honestidade.

DEDICO

À minha mãe, Rita Félix Alvarez, pelas orações incansáveis,
força e incentivo.

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. **João Domingos Rodrigues**, pela orientação, apoio e amizade.
- Ao Prof. Dr. **Carlos Alexandre Costa Crusciol**, pela co-orientação, apoio, incentivo, amizade e luta para a conclusão completa deste projeto.
- À FUNDAÇÃO DE ÂMPARO A PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO (FAPESP) pela concessão do auxílio financeiro, o qual permitiu a conclusão deste projeto.
- A Prof. Dr. **Sheila Zambello de Pinho**, pelo auxílio na análise estatística do presente trabalho.
- Ao **CENA** (Centro de Energia Nuclear na Agricultura), na pessoa do Prof. Dr. **Paulo César Ocheuze Trivelin**, pelo fornecimento do sulfato de amônio enriquecido e realização das análises de ^{15}N .
- Ao Prof. Dr. **Tomás de Aquino Portes**, pelas sugestões na obtenção e análise dos dados de análise de crescimento.
- Ao Dr. **Pedro Roberto Furlani**, pelas dicas e sugestões na obtenção das plântulas de arroz e na composição da solução nutritiva, sem as quais, este projeto não teria sido concluído.
- À Prof. Dr. **Carmem Silvia Fernandes Boaro**, pela colaboração e incentivo.
- Ao Prof. Dr. **Maurício Dutra Zanotto** pela colaboração e amizade sincera.
- Ao Prof. Dr. **Ciro Antônio Rosolem** pela colaboração e sugestões.
- Ao Departamento de Produção Vegetal – Setor Horticultura, na pessoa da Prof. Dr. **Rumy Gotto**, pelo empréstimo de vários equipamentos e por sempre me receber bem.
- Aos amigos de curso José Salvador Foloni, Juliana Garcia Carvalho-Pupatto, Rosa Honorato de Oliveira, pelo apoio, companheirismo e incentivo.

- Aos amigos Vandeir Francisco Guimarães e Gustavo Habermann, pelo incentivo, críticas, apoio e principalmente pelos ensinamentos prestados com relação a utilização do analisador de gases por radiação infravermelha – Irga.
- Aos amigos conquistados durante esses anos de pós-graduação: Ana Paula Protti de Andrade Crusciol, Aldenise A. Moreira, Roseli Chela Fenille, Celso L. Cardoso, Rosemeire Helena da Silva, Nilda Braga Lacerda, Marco Antônio de Souza e Silva, Marcelo Andreotti, Graciela Andreotti, Cristiane Gonçalves Mendonça, Cristina Gonçalves Mendonça, José Roberto Pontes, Celia Regina Greco.
- À querida amiga Andréa Maria Teixeira Fortes, pelo incentivo, críticas, apoio e principalmente pelo companheirismo nos momentos difíceis.
- **CEMEQ** (Centro de Manutenção de Equipamentos), da UNESP, pela manutenção da Casa de Vegetação, na pessoa de Sr. José Fortes presente nas horas de sufoco sempre com boa vontade e bom humor.
- Aos **Funcionários do Departamento Produção Vegetal - Setor Agricultura** pelo auxílio direto e indireto nos trabalhos, em especial ao Maurílio A. de Oliveira, Ciro Venâncio de Oliveira, Milton Marques Silva, Dorival Pires de Arruda, Vera Lúcia Rossi.
- Aos **Funcionários da Biblioteca** “Paulo de Carvalho Mattos”, Maria Inês A. Cruz, Maria do Carmo Barbosa, Maria Aparecida M. Alho, Denise N. Anis, Célia R. Inowe.
- Ao Prof. Dr. **Dagoberto Martins**, Coordenador do Curso de Pós-Graduação, por sempre fazer de tudo pelos Pós-Graduandos, não dispensando esforços.
- À **Seção de Pós-Graduação** nas pessoas de Marilena C. Santos, Marlene R. Freitas e Jaqueline M. Gonçalves.
- À todos que direta e indiretamente participaram da elaboração deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	X
LISTA DE FIGURAS.....	XII
1 RESUMO.....	1
2 SUMMARY.....	3
3 INTRODUÇÃO.....	5
4 REVISÃO DE LITERATURA.....	7
4.1 Aplicação de reguladores vegetais em culturas anuais.....	7
4.2 Marcha de absorção, distribuição e redistribuição de nitrogênio em plantas de arroz.....	13
4.3 Adubação nitrogenada na cultura do arroz de terras altas.....	17
4.4 Análise de crescimento.....	20
4.5 Trocas Gasosas.....	22
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	25
5.1 Localização dos experimentos.....	25
5.2 Descrição do clima.....	25
5.3 Descrição do tipo de solo da área experimental.....	25
5.4 Descrição dos cultivares.....	26
5.4.1 Caiapó.....	26
5.4.2 Primavera.....	26
5.4.3 Maravilha.....	26
5.5 Experimento 1: Marcha de absorção de nitrogênio de cultivares de arroz de terras altas com diferentes tipos de plantas.....	27
5.5.1 Delineamento experimental e tratamentos empregados.....	27

	Página
5.5.2 Instalação e condução do experimento.....	27
5.5.3 Obtenção dos dados.....	29
5.5.3.1 Altura da planta.....	29
5.5.3.2 Número de panículas por metro quadrado.....	29
5.5.3.3 Número total de espiguetas por panícula.....	29
5.5.3.4 Fertilidade das espiguetas.....	29
5.5.3.5 Massa de 1000 grãos.....	29
5.5.3.6 Análise de crescimento.....	29
5.5.3.7 Acúmulo de matéria seca, índice de colheita, teor e acúmulo de nitrogênio.....	31
5.5.3.8 Produtividade de grãos.....	32
5.5.3.9 Trocas gasosas.....	32
5.5.3.10 Análise estatística.....	33
5.6 Experimento 2: Efeito do ethyl-trinexapac na redução da altura da planta, na distribuição de nitrogênio e na produtividade de grãos de arroz de terras altas irrigado por aspersão (cv. Primavera).....	34
5.6.1 Delineamento experimental e tratamentos empregados.....	34
5.6.2 Instalação e condução do experimento.....	34
5.6.3 Composição da Solução nutritiva (Furlani e Furlani, 1988).....	35
5.6.4 Obtenção dos dados.....	36
5.6.4.1 Altura da planta.....	36
5.6.4.2 Número de colmos por planta.....	37
5.6.4.3 Porcentagem de colmos férteis por planta.....	37
5.6.4.4 Número de panículas por planta.....	37
5.6.4.5 Número total de espiguetas por panícula.....	37

	Página
5.6.4.6 Fertilidade das espiguetas.....	37
5.6.4.7 Massa de 1000 grãos.....	37
5.6.4.8 Análise de crescimento.....	37
5.6.4.9 Determinações de teor de N e de abundância de ¹⁵ N (% de átomos).....	38
5.6.4.10 Produção de grãos por planta.....	39
5.6.4.11 Trocas gasosas.....	39
5.6.4.12 Análise estatística.....	41
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
6.1 Experimento 1: Marcha de absorção de nitrogênio de cultivares de arroz de terras altas com diferentes tipos de plantas.....	42
6.1.1 Acúmulo de matéria seca e nitrogênio.....	42
6.1.2 Análise de crescimento.....	50
6.1.2.1 Índice de área foliar (IAF).....	51
6.1.2.3 Taxa de crescimento relativo (TCR).....	52
6.1.2.4 Taxa assimilatória líquida (TAL).....	53
6.1.3 Altura da planta, componentes da produção e produtividade.....	54
6.1.4 Trocas gasosas.....	55
6.2 Experimento 2: Efeito do ethyl-trinexapac na redução da altura da planta, na distribuição de nitrogênio e na produtividade de grãos de arroz de terras altas irrigado por aspersão (cv. Primavera).....	57
6.2.1 Acúmulo de matéria seca.....	57
6.2.2 Teor e acúmulo de N-total.....	59
6.2.3 Teor e acúmulo de ¹⁵ N.....	62
6.2.4 Análise de crescimento.....	64
6.2.4.1 Taxa de crescimento relativo (TCR).....	65

	Página
6.2.4.2 Taxa assimilatória líquida (TAL).....	66
6.2.4.3 Razão de área foliar (RAF).....	67
6.2.5 Características de importância agrônômica.....	68
6.2.6 Trocas gasosas.....	71
7 CONCLUSÕES.....	74
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Características químicas do solo antes da instalação do experimento, na camada de 0–20 cm.....	26
2	Médias diárias de temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%), nos dias de medições do experimento. Botucatu – SP, fev-mai de 2002.....	33
3	Índice de colheita (IC) de três cultivares de arroz de terras altas cultivado sob irrigação por aspersão.....	45
4	Regressões da matéria seca total (MST) e índice de área foliar (IAF) em função do tempo (dias após a emergência) do ciclo da cultura do arroz, e os respectivos coeficientes de determinação (R), valores de F e níveis de significância dos ajustes.....	51
5	Altura da planta, componentes da produção e produtividade (kg ha ⁻¹) dos cultivares de arroz de terras altas, Caiapó, Primavera e Maravilha no ano agrícola 01/02.....	54
6	Acúmulo de matéria seca na raiz, colmo + bainha (c + b), folha, panícula e planta inteira (g planta ⁻¹) do cultivar Primavera, com e sem aplicação de regulador vegetal.....	58
7	Teor de N-total (g kg ⁻¹) na raiz, c + b, folha, panícula e planta do cultivar Primavera, com e sem aplicação de regulador vegetal.....	60
8	Acúmulo de N-total (mg planta ⁻¹) na raiz, c + b, folha, panícula e planta pelo cultivar Primavera, com e sem aplicação de regulador vegetal.....	61
9	Teor de ¹⁵ N (g kg ⁻¹) na raiz, c + b, folha, panícula e planta do cultivar Primavera, com e sem aplicação de regulador vegetal.....	62

Tabela		Página
10	Acúmulo de ^{15}N (mg planta^{-1}) na raiz, c + b, folha, panícula e planta pelo cultivar Primavera, com e sem aplicação de regulador vegetal.....	63
11	Teor (g kg^{-1}) e acúmulo (mg planta^{-1}) de ^{15}N na panícula, proveniente de quatro estádios diferentes ao longo do ciclo do cultivar Primavera, com e sem aplicação de regulador vegetal.....	64
12	Regressões da matéria seca total (MST) e índice de área foliar (IAF) em função do tempo (dias após a emergência), com (CR) e sem (SR) aplicação de regulador de crescimento, e os respectivos coeficientes de determinação (R), valores de F e níveis de significância dos ajustes.....	65
13	Altura da planta, número de colmos e panícula por planta, fertilidade de colmos, número de espiguetas: total, granada e chocha, fertilidade de espiguetas, massa de 1000 grãos e produção de grãos por planta, com e sem aplicação de regulador vegetal, cultivar Primavera.....	69

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Temperaturas máximas, mínimas e médias (°C), obtidas no período de janeiro a abril de 2001.....	28
2	Temperatura média do ar (°C) durante o período de medições, ao longo do ciclo do cultivar Primavera, entre 9:00 e 12:00h.....	41
3	Acúmulo de matéria seca (kg ha ⁻¹) pelo arroz de terras altas (cv. Caiapó) irrigado por aspersão em diferentes fases de desenvolvimento. FV = fase vegetativa, FR = fase reprodutiva e FM = fase de maturação.....	43
4	Acúmulo de matéria seca (kg ha ⁻¹) pelo arroz de terras altas (cv. Primavera) irrigado por aspersão em diferentes fases de desenvolvimento. FV = fase vegetativa, FR = fase reprodutiva e FM = fase de maturação.....	44
5	Acúmulo de matéria seca (kg ha ⁻¹) pelo arroz de terras altas (cv. Maravilha) irrigado por aspersão em diferentes fases de desenvolvimento. FV = fase vegetativa, FR = fase reprodutiva e FM = fase de maturação.....	44
6	Taxa de produção de matéria seca da parte aérea de arroz dos cultivares Caiapó, Primavera e Maravilha, durante o ciclo.....	46
7	Acúmulo de nitrogênio (kg ha ⁻¹) pelo arroz de terras altas (cv. Caiapó) irrigado por aspersão em diferentes fases de desenvolvimento. FV = fase vegetativa, FR = fase reprodutiva e FM = fase de maturação.....	47
8	Acúmulo de nitrogênio (kg ha ⁻¹) pelo arroz de terras altas (cv. Primavera) irrigado por aspersão em diferentes fases de desenvolvimento. FV = fase vegetativa, FR = fase reprodutiva e FM = fase de maturação.....	47

Figura		Página
9	Acúmulo de nitrogênio (kg ha^{-1}) pelo arroz de terras altas (cv. Maravilha) irrigado por aspersão em diferentes fases de desenvolvimento. FV = fase vegetativa, FR = fase reprodutiva e FM = fase de maturação.....	48
10	Taxa de acúmulo de nitrogênio na parte aérea de arroz dos cultivares Caiapó, Primavera e Maravilha, durante do ciclo.....	50
11	Índice de área foliar (m^2 de folhas m^2 de terreno) de três cultivares de arroz de terras altas (Caiapó, Primavera e Maravilha), ao longo do ciclo.....	51
12	Taxa de crescimento relativo ($\text{kg kg}^{-1} \text{dia}^{-1}$) de três cultivares de arroz de terras altas (Caiapó, Primavera e Maravilha), ao longo do ciclo.....	52
13	Taxa assimilatória líquida ($\text{kg m}^{-2} \text{dia}^{-1}$) de três cultivares de arroz de terras altas (Caiapó, Primavera e Maravilha), ao longo do ciclo.....	53
14	Taxa de assimilação líquida de CO_2 (A) de três cultivares de arroz Caiapó, Primavera e Maravilha, durante o ciclo. Cada ponto corresponde à média de sete repetições e as barras transversais correspondem ao desvio padrão.....	56
15	Condutância estomática (g_s) de três cultivares de arroz Caiapó, Primavera e Maravilha, durante o ciclo. Cada ponto corresponde à média de sete repetições e as barras transversais correspondem ao desvio padrão.....	56
16	Taxa de transpiração de folhas (E) de três cultivares de arroz Caiapó, Primavera e Maravilha, durante o ciclo. Cada ponto corresponde à média de sete repetições e as barras transversais correspondem ao desvio padrão.....	57

Figura		Página
17	Porcentagem de acúmulo de matéria seca na panícula do cultivar Primavera, com e sem aplicação de reguladores vegetais.....	59
18	Porcentagem de acúmulo de N-total na panícula do cultivar Primavera, com e sem aplicação de regulador vegetal.....	61
19	Taxa de crescimento ($\text{g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) para o cultivar Primavera, em relação aos dias após emergência, com e sem aplicação de regulador vegetal.....	66
20	Taxa assimilatória líquida ($\text{g dm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) para o cultivar Primavera, em relação aos dias após emergência, com e sem aplicação de regulador vegetal.....	67
21	Razão de área foliar ($\text{dm}^2 \text{ g}$) para o cultivar Primavera, em relação aos dias após emergência, com e sem aplicação de regulador vegetal.....	67
22	Taxa de assimilação líquida de CO_2 (A) durante o ciclo do cultivar Primavera, com e sem aplicação de regulador vegetal. Cada ponto corresponde à média de doze repetições e as barras transversais correspondem ao desvio padrão.....	72
23	Condutância estomática (g) durante o ciclo do cultivar Primavera, com e sem aplicação de regulador vegetal. Cada ponto corresponde à média de doze repetições e as barras transversais correspondem ao desvio padrão.....	72
24	Taxa de transpiração de folhas (E) durante o ciclo do cultivar Primavera, com e sem aplicação de regulador vegetal. Cada ponto corresponde à média de doze repetições e as barras transversais correspondem ao desvio padrão.....	73

1 RESUMO

O cultivo de arroz irrigado por aspersão utiliza maiores doses de fertilizantes, principalmente os nitrogenados, uma vez que não há limitação hídrica para a planta. Porém, estas doses podem levar a um alto desenvolvimento vegetativo, causando assim acamamento de plantas e conseqüentemente perdas de produção e qualidade. Uma forma de resolver o problema de acamamento é o uso de cultivares resistentes o que já vem ocorrendo, e o uso de reguladores vegetais visando a redução da altura e acamamento. O trabalho teve como objetivo avaliar o acúmulo de matéria seca, marcha de absorção de nitrogênio e aplicação de regulador vegetal em cultivares de arroz de terras altas com diferentes tipos de plantas. Foram instalados dois experimentos, o primeiro foi conduzido em condições de campo em delineamento de blocos ao acaso, com sete repetições. Os tratamentos foram os cultivares Caiapó (tradicional), Primavera (intermediário) e o Maravilha (moderno). O segundo foi conduzido em condições de casa de vegetação (solução nutritiva) e em delineamento experimental de blocos ao acaso, com três repetições, em esquema fatorial 4x2, sendo 4 estádios de desenvolvimento das plantas na presença de solução nutritiva com ^{15}N , combinados com e sem aplicação de regulador vegetal. Os estádios de desenvolvimento em que as plantas foram submetidas à solução nutritiva enriquecida com ^{15}N foram: início ao final do perfilhamento, final do perfilhamento a diferenciação do primórdio da panícula, diferenciação do primórdio da panícula ao florescimento e florescimento a maturação fisiológica. Concluiu-se que: 1) o cultivar Primavera apresentou maior índice de colheita (0,5) e maior número de espiguetas por panícula, o que resultou em maior incremento do potencial

produtivo de grãos; 2) os cultivares Caiapó e Primavera apresentaram maior aproveitamento de nitrogênio, em relação ao Maravilha; 3) o ethyl-trinexapac reduziu a altura da planta em 34 cm e influenciou negativamente os componentes da produção e produtividade de grãos; 4) este experimento, trata-se do primeiro caso relatado com relação a aplicação de reguladores vegetais na cultura de arroz de terras altas irrigado por aspersão visando reduzir a altura da planta e abre caminho para novas pesquisas utilizando biorreguladores.

**ABSORPTION, DISTRIBUTION AND REDISTRIBUTION OF NITROGEN (^{15}N) IN
HIGHLAND RICE CULTIVARS IS A FUNCTION OF VEGETAL REGULATORS.**

Botucatu, 2003. 87p. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: RITA DE CÁSSIA FÉLIX ALVAREZ

Adviser: PROF. DR. JOÃO DOMINGOS RODRIGUES

Co-advisor: PROF. DR. CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL

2 SUMMARY

The cultivation of sprinkler irrigation rice utilizes large doses of fertilizers, principally nitrogenates, since they have no hydric limitation for the plant. However, these doses can bring about increased vegetative development, thus causing falling of plants and consequently reductions in production and quality. The present work aims to evaluate the accumulation of dry material, the rate of nitrogen absorption and the application of vegetal regulators in highland rice cultivars with different types of plants. Two experiments were completed: the first was conducted under field conditions in randomized blocks, with seven repetitions, utilizing as treatments the cultivars Caiapó (traditional), Primavera (intermediate) and Maravilha (modern); the second was carried out under greenhouse conditions (nutritive solution) in an experimental delineation of randomized blocks, employing three repetitions in a 4x2 factorial scheme through four states of development in

the presence of nutritive solution with ^{15}N , with and without application of vegetal regulator. The developmental states in which the plants were submitted to nutritive solution enriched with ^{15}N were: beginning to end of profiling, end of profiling to primordial panicle differentiation, primordial panicle differentiation to flowering, and flowering to physiological maturation.

It was concluded that: 1.) the cultivar Primavera presented the highest yield index (0.5) and the greatest number of spikelets per panicle, which resulted in the greatest increase in the productive potential of the grains; 2.) the cultivars Caiapó and Primavera presented the greatest utilization of nitrogen compared to Maravilha; 3.) ethyl-trinexapac reduced plant height by 34 cm and negatively influenced production and productivity components of grains; 4.) this experiment addresses the first reported case regarding the application of vegetal regulators in highland rice cultivation irrigated by aspersion, aiming to reduce plant height and open the way for new bioregulator studies.

Key words: gaseous exchanges, growth analysis, dry material, absorption rate, *Oriza sativa* L.

3 INTRODUÇÃO

O arroz é produzido praticamente, em todo o país, sob diferentes condições ou sistemas de produção. Assim, no ecossistema de terras altas, o arroz é cultivado sem e com irrigação por aspersão, enquanto que no ecossistema de várzea, o cultivo ocorre com ou sem irrigação por inundação controlada.

O cultivo de arroz no ecossistema de terras altas corresponde a 65,2% da área total cultivada com arroz no Brasil, e contribui com apenas 40,9% da produção nacional (YOKOYAMA, 2002). Esse resultado é explicado pela baixa produtividade do sistema de cultivo sem irrigação por aspersão que ocupa a maior área de cultivo. A baixa produtividade nesse sistema é consequência da má distribuição pluvial nas principais regiões produtoras e do baixo uso de adubos e corretivos.

O cultivo de arroz irrigado por aspersão tem despertado interesse por parte de alguns produtores e pesquisadores, seja pelos resultados compensadores obtidos, ou pela maximização do uso dos equipamentos de irrigação adquiridos para implantação de outras culturas de interesse econômico na entressafra (trigo e feijão, por exemplo). Estima-se que mais de 50 mil ha de arroz são cultivados atualmente no Brasil sob esse sistema. Esta área é consequência do melhoramento de plantas que tem lançado cultivares com característica de grãos longo fino, tipo agulhinha, que tem maior aceitação pelo mercado.

No entanto, o maior problema desses cultivares é aumento do porte da planta quando submetido a altas doses de fertilizante, notadamente o nitrogenado, e suprimento adequado de água, resultando no crescimento das plantas, atingindo índices de

100% de acamamento em alguns cultivares.

Visando contornar o problema de acamamento destes cultivares, os melhoristas optaram pelo cruzamento de cultivares do grupo moderno ou semi-anão (irrigado por inundação) com os do tipo tradicional (cultivo de sequeiro). Embora o melhoramento tenha contribuído para modificações na planta, esses cultivares sob altas doses de nitrogênio eventualmente tem apresentado acamamento.

É importante ressaltar que em função da excelente qualidade de grãos de alguns cultivares, como IAC 201 e Primavera, os agricultores dão preferência ao cultivo desses em função da maior remuneração, em detrimento da característica morfológica da planta, ou seja, arquitetura moderna, tendo como consequência porcentagem, às vezes, significativa de plantas acamadas.

A literatura tem mostrado a viabilidade do uso de reguladores vegetais em culturas anuais, como o algodão, visando principalmente à redução de porte da planta e uniformidade de maturação. Contudo, a maioria dos trabalhos nessa linha restringem basicamente às respostas da cultura do algodão. Na cultura do arroz de terras altas, o estudo da aplicação de biorreguladores visando reduzir a altura das plantas é praticamente inexistente.

O uso da irrigação por aspersão na cultura do arroz é prática relativamente recente no Brasil e o manejo da adubação, principalmente nitrogenada, ainda não está bem definido. Estudos da marcha de absorção de nutrientes existentes para a cultura do arroz foram realizados há mais de vinte anos por Malavolta (1978), utilizando cultivares tradicionais de sequeiro. Assim, é possível que estes cultivares absorvam diferencialmente o nitrogênio e possam ter sua máxima absorção em estádios distintos de desenvolvimento. A determinação da absorção e do acúmulo de nitrogênio nas diferentes fases de desenvolvimento da planta é importante, porque permite inferir as épocas em que o nutriente é mais exigido e sua distribuição nas diferentes estruturas da planta.

O trabalho teve como objetivo avaliar o acúmulo de matéria seca, marcha de absorção de nitrogênio e aplicação de regulador vegetal em cultivares de arroz de terras altas com diferentes tipos de plantas.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Aplicação de reguladores vegetais em culturas anuais

Os reguladores vegetais, neste caso retardantes vegetais, são compostos sintéticos utilizados para reduzir o crescimento longitudinal indesejável da parte aérea das plantas, sem diminuição da produtividade (RADEMACHER, 2000).

A maioria dos retardantes vegetais agem por inibição da biossíntese de giberelinas, hormônios que entre outras ações promovem alongamento celular (DAVIES, 1995).

Os diferentes tipos de retardantes vegetais, agem inibindo a rota comum de síntese de todos os ácidos giberélicos sintetizados pelos vegetais superiores, em diferentes locais, sendo que, atualmente foram isolados mais de 126 giberelinas (ARTECA, 1995).

Os reguladores cloreto de mepiquat e o paclobutrazol atuam inibindo a síntese de GA₁₂-aldeído, na rota comum. Assim, o cloreto de mepiquat impede a passagem do geranil geranil pirofosfato a ent-caureno, enquanto o paclobutrazol impede a passagem do ent-caureno a ácido ent-hidroxicaurenóico, resultando na diminuição do GA₁₂-aldeído, composto a partir do qual se formam todas as giberelinas conhecidas em vegetais superiores ou mais de 126 quando se adicionam aos vegetais superiores, fungos e outros (SALISBURY; ROSS, 1992; TAIZ; ZEIGER, 1998).

Outro regulador denominado ethyl-trinexapac atua numa etapa

posterior, a partir do GA₁₂-aldeído, inibindo a partir deste a síntese de giberelinas de alta eficiência biológica como GA₁, GA₃ (pouco comum em plantas superiores), GA₄, GA₇, GA₉, GA₂₀ e outros. Dessa forma, em função da ação desse composto, as plantas têm dificuldade de formação dessas giberelinas ativas e passam a sintetizar e acumular giberelinas biologicamente menos eficientes como GA₈, GA₁₇, GA₁₉, GA₂₄ entre outros, o que leva, na prática, à drástica redução no alongamento celular (crescimento), sem causar deformação morfológica do caule (NAQVI, 1994; TAIZ; ZEIGER, 1991, 1998).

Em adição a outras ferramentas agronômicas, os retardantes vegetais podem ser usados com relativa flexibilidade pelo agricultor para ajustar sua cultura ao objetivo desejado, alterando as condições de crescimento. Rademacher (2000) relatou que na Europa esses produtos são utilizados em pequenos cultivos de grãos, onde tornaram-se parte integral do sistema de produção para reduzir riscos de acamamento devido a precipitações intensivas e/ou ventos; e na redução do crescimento vegetativo excessivo do algodoeiro.

A aplicação de retardantes vegetais em algodoeiro visando a manipulação da arquitetura do dossel das plantas é uma estratégia agronômica amplamente relatada na literatura.

Vários trabalhos comprovam a capacidade dos retardantes vegetais em reduzir a altura das plantas de algodoeiro (BARBOSA; CASTRO, 1984; LACA-BUENDIA, 1989; REDDY et al., 1990; ATHAYDE; LAMAS, 1999; SOARES, 1999; LAMAS, 2000, 2001; BELTRÃO, 2001; SOUZA, 2001; SUET, 2003).

Quando cultivado em condições onde não há limitações de umidade e a disponibilidade de nutrientes é adequada, o algodoeiro produz vegetação excessiva, que pode interferir negativamente na produção final; em tal situação o uso de retardantes vegetais torna-se inevitável (REDDY et al., 1990), especialmente em propriedades onde se emprega a colheita mecanizada (CARVALHO et al., 1994).

Resultados de pesquisas com cloreto de mepiquat apontam que o produto pode auxiliar no estabelecimento de culturas mais lucrativas, sendo seus benefícios potenciais: redução do crescimento vegetativo, melhoria da arquitetura das plantas, abertura precoce dos frutos, melhor eficiência na colheita mecanizada e qualidades superiores dos produtos finais (BARBOSA; CASTRO, 1983; REDDY et al., 1990).

Os efeitos do cloreto de mepiquat sobre o algodoeiro dependem de vários fatores, podendo-se destacar: temperatura, população de plantas, época de semeadura, cultivar, época de aplicação e doses utilizadas (YORK, 1983; REDDY et al., 1990, 1992; WALLACE, 1993; CARVALHO et al., 1994).

Cathey e Meredith Junior (1988) estudando a resposta do algodoeiro a épocas de plantio e aplicações de cloreto de mepiquat, constataram que a aplicação do produto proporcionou mais benefícios ao algodoeiro semeado tardiamente, o qual tende a vegetar mais, comparado aos semeados precocemente. O aumento da produção do algodoeiro e maior redução da altura da planta foram obtidos com esta prática.

Segundo Hodges et al. (1991) o efeito do cloreto de mepiquat é altamente dependente da temperatura, uma vez que o produto interfere em processos fisiológicos da planta, como fotossíntese e respiração.

Reddy et al. (1996) constataram redução da área foliar, da taxa de fotossíntese líquida e da atividade da rubisco em plantas tratadas com cloreto de mepiquat. A indução da redução de crescimento pela adição de cloreto de mepiquat é resultado da perda parcial da capacidade fotossintética do algodoeiro observado a partir de 20 dias após a aplicação do regulador de crescimento.

York (1983), na Carolina do Norte, estudando durante três anos o efeito do cloreto de mepiquat em 14 cultivares de algodão, constatou que cada cultivar responde de forma diferente a este produto, não se observando as mesmas respostas nos diferentes anos de cultivos.

Lamas (2000) propôs o estudo do efeito do cloreto de mepiquat sobre algumas características do cultivar moderno de algodão CNPA-ITA 90. O uso do regulador reduziu a altura da planta, o número de capulhos danificados e aumentou o número de capulhos totalmente abertos.

Com relação às doses, Laca-Buendia (1989) verificou redução significativa de 31% na altura da planta em relação à testemunha, com a utilização do cloreto de mepiquat na dose de 100 g do i.a. ha⁻¹, não sendo constatado diferenças significativas entre os tratamentos para características de fibras e para características agronômicas como peso de capulhos, peso de 100 sementes, número de maçãs com podridão, número de ramos produtores e número total de folhas por planta.

Segundo Wallace et al. (1993) o parcelamento das aplicações de cloreto de mepiquat teve efeito mais marcante em relação à aplicação única sobre a altura das plantas, número de nós e comprimento de internódios. A retenção de frutos também foi maior nas aplicações parceladas.

Athayde e Lamas (1999) avaliaram o efeito de doses de cloreto de mepiquat sobre a altura das plantas de algodoeiro, cultivar IAC 22, e constataram que a dose de 55 g ha⁻¹ de cloreto de mepiquat foi suficiente para que as plantas, por ocasião da colheita, tivessem altura inferior a 1,30 m. O uso de retardante vegetal, segundo os autores, reduziu o comprimento dos ramos e aumentou a relação entre as massas secas da parte produtiva e vegetativa. O peso de capulhos, peso de 100 sementes, porcentagem de fibras e produção de algodão em caroço não foram influenciados significativamente pelo cloreto de mepiquat.

Para tomada de decisão sobre a aplicação de retardante vegetal, deve-se levar em consideração as características genéticas do cultivar, fertilidade do solo, condições climáticas, população de plantas e época de semeadura, sendo evidentemente, recomendada a aplicação somente em condições favoráveis ao crescimento e desenvolvimento das plantas. Suet (2003) recomenda a dose de 1,2 L ha⁻¹ de cloreto de mepiquat, distribuídos em doses crescentes a partir de 250 mL (250 + 300 + 350 + 300 mL), sem perdas na produtividade média do algodão em caroço. A primeira aplicação foi efetuada aos 39 dias após emergência (DAE), a segunda aos 51 DAE, a terceira aos 59 DAE e a última aos 78 DAE.

Sankhla et al. (1985) estudando o efeito do paclobutrazol no crescimento e metabolismo da soja (cv. A2), observaram redução na altura da planta e modificação no número e atividade de enzimas, além do atraso no início da senescência, prolongando o ciclo da cultura.

Street et al. (1986), em Stoneville (EUA), estudaram durante três anos o efeito do paclobutrazol na redução da altura, acamamento e produção de plantas de arroz, com aplicações do produto em diferentes doses e estádios. Constataram que aplicação de 0,28 g i.a. ha⁻¹, duas semanas após a iniciação da panícula, reduziu a altura da planta em todos os anos e aumentou a produção em dois dos três anos. O acamamento, que ocorreu em apenas um dos três anos, foi significativamente reduzido com a dose de 0,28 kg do i.a. ha⁻¹, aplicado via solo na iniciação da panícula ou duas semanas após.

Pan et al. (1991) estudaram na China o efeito do paclobutrazol sobre o nível de elementos minerais em diferentes partes de plântulas de arroz, constataram aumento na concentração de P, Ca e Cu na planta inteira, após o tratamento. No entanto, o conteúdo total (mg planta^{-1}) de todos os elementos determinados na planta inteira diminuiu. Estes resultados podem estar associados à inibição do crescimento da planta promovida pelo paclobutrazol.

O ethyl-trinexapac é um regulador desenvolvido para uso como agente anti-acamamento em cereais e gramíneas, e como retardante vegetal em gramados. No Brasil, este produto é utilizado como maturador de cana-de-açúcar e promove aumento de rendimento de açúcar sem impacto negativo na qualidade do caldo, no conteúdo de fibras ou no peso da cana. Em adição a estes benefícios, na safra seguinte, a aplicação de ethyl-trinexapac não afeta a produção de perfilhos, altura da planta ou diâmetro dos colmos. A dose recomendada é $200 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ e a época de aplicação ideal para favorecer a maturação da cana-de-açúcar é por volta dos 45 – 60 dias antes da colheita (RESENDE et al., 2001).

No Brasil, o cultivo de arroz irrigado por aspersão tem despertado interesse por parte de alguns produtores e pesquisadores, seja pelos resultados compensadores obtidos, ou para maximização de uso dos equipamentos de irrigação adquiridos para implantação de outras culturas de interesse econômico. Contudo, o principal problema deste sistema de cultivo se resume nas características dos cultivares pesquisados até o momento, sendo que a maioria deles apresenta porte alto e baixa resistência ao acamamento (ARF, 1993, 1997; CRUSCIOL, 1995; CRUSCIOL et al. 1997b; OLIVEIRA, 1997) e não respondem a adubação nitrogenada em termos de produtividade de grãos (ARF, 1993).

Estas características são preocupantes quando se utilizam esses cultivares sob alta tecnologia, mais especificamente o cultivo irrigado por aspersão, no qual o produtor, em busca de maior rentabilidade, emprega maiores doses de fertilizantes, principalmente os nitrogenados, uma vez que não há limitação hídrica para a planta. Dessa forma, acredita-se haver um efeito entre o nitrogênio e a disponibilidade hídrica, acarretando acamamento parcial ou total das plantas (ARF, 1993). Assim, tornou-se evidente a necessidade de obtenção de cultivares que apresentem porte baixo, resistência ao acamamento, respondam à adubação nitrogenada, com melhor carreamento dos fotoassimilados para os grãos, além de apresentar característica de grão tipo agulhinha, exigida pelo mercado.

O melhoramento do arroz de terras altas para cultivo sob irrigação por aspersão (alta tecnologia), primeiramente, teve por objetivo principal a introdução da característica de grãos tipo agulhinha ou “Patna” (denominação americana), classificados como longo-fino e cilíndrico, nos cultivares tradicionais de terras altas sob cultivo de sequeiro.

A menor valorização dos grãos oriundos desses cultivares advinha do tipo de grão que era classificado como “longo” de menor aceitação pelos consumidores, o que desestimulava os agricultores que trabalhavam com esse sistema de produção. Assim, no Brasil surgiu o primeiro cultivar de terras altas com grãos do tipo agulhinha, o IAC 201 proveniente do cruzamento da cultivar Labelle (irrigado por inundação - grupo americano) com o IAC 165 (cultivo de sequeiro - grupo tradicional) realizado pelo Instituto Agrônomo de Campinas. No entanto, o maior problema desse cultivar era o aumento do porte quando submetido a altas doses de fertilizantes, notadamente o nitrogenado, e suprimento adequado de água, resultando em acamamento de plantas, atingindo índices de até 100%.

Os cultivares que surgiram posteriormente, na sua maioria obedeceram essa mesma linha de melhoramento, ou seja, introduzir a característica de grão tipo agulhinha, ex: IAC 202, Primavera, Carajás. Como o problema de acamamento persistia, os melhoristas adotaram o cruzamento de cultivares do grupo moderno ou semi-anão (irrigado por inundação) com os do tipo tradicional (cultivo de sequeiro), denominando-os de modernos, ex: Maravilha, Confiança e Canastra. No entanto, sob altas doses de N esses cultivares eventualmente tem apresentado acamamento. Vale ressaltar que cultivares do grupo Moderno só existem adaptados ao sistema irrigado por inundação, necessitando para o seu cultivo em terras altas de características dos cultivares adaptado a essa condição.

Assim, apesar do melhoramento ter proporcionado grandes modificações na planta de arroz de terras altas, aumentando o cultivo sob irrigação por aspersão, o problema do acamamento eventualmente é manifestado.

Além disso, em função da excelente qualidade de grãos de uns poucos cultivares, notadamente IAC-201 e o Primavera, os agricultores dão preferência ao cultivo desses em função da maior remuneração, em detrimento da característica morfológica da planta, ou seja, arquitetura moderna, tendo como consequência porcentagem, às vezes, significativa de plantas acamadas.

Baseado no exposto, observa-se que os programas de melhoramento de plantas vêm aos poucos sanando os problemas relatados com os cultivares melhorados de terras altas sob irrigação por aspersão, incorporando a essas plantas características para melhor adaptação a esse sistema de cultivo. Mas como o melhoramento de plantas consiste num processo moroso, torna-se evidente a necessidade de estudo de técnicas para serem aplicadas em curto prazo, visando a redução da altura da planta e acamamento. Os retardantes vegetais podem constituir uma ferramenta importante para o manejo da cultura do arroz de terras altas irrigado por aspersão.

4.2 Marcha de absorção, distribuição e redistribuição de nitrogênio em plantas de arroz

O ciclo vital da planta de arroz apresenta três fases bem definidas: vegetativa, reprodutiva e de maturação. A fase vegetativa inicia-se com a germinação da semente e termina na diferenciação da gema vegetativa em reprodutiva. É caracterizada pela emergência da plântula, ativo perfilhamento, gradual aumento em altura da planta e pelo desenvolvimento radicular e de folhas (FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 1993).

A fase reprodutiva inicia-se com a diferenciação da gema vegetativa em reprodutiva e termina no florescimento, é o período mais crítico da cultura. Essa fase é caracterizada pelo alongamento dos colmos, formação das ramificações da panícula, formação do número de espiguetas por ramificações, formação dos órgãos florais, meiose e fecundação (FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 1993).

A fase de maturação inicia-se com a fertilização do óvulo e termina com a maturação fisiológica do grão, ou seja, quando ele atinge o máximo acúmulo de massa seca. É dividida em três estádios: grão leitoso, pastoso e duro (FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 1993).

O conhecimento do acúmulo de matéria seca, da absorção de nutrientes e sua distribuição dentro da planta constituem elementos auxiliares valiosos no manejo da adubação (FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 1993).

A curva de produção de massa seca pela cultura do arroz em cultivares de sequeiro do grupo tradicional, como em geral acontece com outras culturas, é uma sigmóide típica. Até o perfilhamento, cresce pouco a produção de massa seca, a qual se

intensifica de modo quase linear em relação ao tempo até o florescimento, a partir de então, começa a mostrar tendência assintótica. No fim do ciclo, os grãos correspondem 1/3 da matéria seca acumulada. O aumento na massa de grãos deve refletir em grande parte o transporte de material das folhas e dos colmos (MALAVOLTA, 1978; MALAVOLTA; FORNASIERI FILHO, 1983; BARBOSA FILHO, 1987).

Na fase vegetativa inicial de crescimento os teores de elementos na planta são relativamente altos, diminuindo depois do período de determinação do número de perfilhos produtivos. Depois de completada essa fase, o alto acúmulo de nitrogênio, entre outros macronutrientes, é translocado para o grão em crescimento; em consequência cai o teor desse elemento em folhas, colmos e raízes (MALAVOLTA, 1978).

A absorção e acumulação de nitrogênio variam com os estádios de desenvolvimento da cultura do arroz. A máxima demanda de nitrogênio ocorre durante o período de ativo perfilhamento e início do período reprodutivo, com absorção sendo quase completa no estágio inicial de formação da panícula (WADA et al., 1986).

O nitrato e o amônio são as maiores formas de nitrogênio inorgânico que podem ser absorvidos pelas raízes das plantas de arroz, assim como pela maioria das plantas superiores.

Yoneyama (1986) relatou que a dinâmica do metabolismo do nitrogênio na planta de arroz ocorre da seguinte forma: a maior parte do nitrogênio requerido para a germinação é suprida pelo endosperma da semente, sendo a fração de nitrogênio que é utilizada pelas folhas e raiz em crescimento proveniente de órgãos totalmente desenvolvidos. No estágio reprodutivo, grande parte do nitrogênio dos órgãos vegetativos é translocado para os grãos na forma de aminoácidos, transportados no floema, enquanto o nitrogênio absorvido pelas raízes é transportado no xilema para órgãos da parte aérea na forma de nitrogênio inorgânico (nitrato) e aminoácidos.

Entre os macronutrientes, o nitrogênio é o segundo mais exigido pela cultura do arroz e o mais exportado como produto colhido. O seu consumo inicia-se lentamente a partir da emergência, alcançando intensidade máxima no florescimento, quando a planta absorve mais de 75% do N total (FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 1993). Depois do florescimento grande parte do N e de outros elementos (e carboidratos) são transportados para os grãos em desenvolvimento o qual, no fim do ciclo contém cerca de 66% do nitrogênio

total da parte aérea (MALAVOLTA, 1978; FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 1993).

O nitrogênio exerce diversas funções na planta onde participa de compostos estruturais, tais como aminoácidos e proteínas, ácidos nucleicos, pigmentos, enzimas e coenzimas, e dos processos de multiplicação e diferenciação celulares, herança gênica, constituição de tecidos e fotossíntese (MALAVOLTA et al., 1997).

Mae (1986) relatou que o nitrogênio em um órgão recém desenvolvido pode ser dividido em dois grupos com base em sua origem: a) nitrogênio recém absorvido e incorporado durante o período de crescimento do órgão (N-absorvido) e b) nitrogênio, pré-existente na planta antes do início de desenvolvimento do referido órgão, que é mobilizado e translocado para este durante seu crescimento (N-remobilizado).

Estes dois tipos de nitrogênio foram separados experimentalmente pelo uso de ^{15}N como traçador do N-absorvido. O estudo da origem do nitrogênio contido na panícula, proposto pelo mesmo autor, demonstrou que este era composto do N-absorvido pela planta em todos os estádios de crescimento, desde plântulas jovens até o estágio de maturação. Sendo que, a quantidade de nitrogênio na panícula derivado do N-absorvido durante o período de enchimento de grãos foi somente 30% do ^{15}N -total. Assim, o N-remobilizado de órgãos vegetativos foi da ordem de 70%. As lâminas foliares foram a maior fonte de N-remobilizado, seguida pela bainha foliar e colmos. As raízes foram pouco importantes neste processo.

Norman et al. (1992) constataram que logo após o florescimento, a panícula foi o órgão com maior acúmulo de nitrogênio, remobilizado de outros órgãos da planta.

Em experimento, com intuito de verificar a redistribuição do ^{15}N absorvido no estágio inicial de formação da panícula, Mae (1986) submeteu plantas de arroz ao suprimento com ^{15}N por cinco dias no referido estágio, sendo estas plantas cultivadas até a colheita com ^{14}N (abundância natural). Os resultados mostraram que exatamente após a marcação, 74% do ^{15}N estava contido nas lâminas foliares e 24% nas bainhas foliares. No momento da colheita, a quantidade de ^{15}N diminuiu para 20% nas lâminas foliares e para 8% nas bainhas foliares, enquanto a panícula continha 67% do ^{15}N -total.

Norman et al. (1992) relataram que da quantidade de N-total absorvida durante o período de enchimento de grãos, 14% foi translocado para a panícula na maturidade. Assim, a quantidade de N-remobilizado de órgãos vegetativos foi de 86%. As folhas bandeiras

foram a maior fonte de remobilização de nitrogênio (58%), seguido pelos colmos + bainhas (28%).

Stone et al. (1984) constataram que a distribuição do nitrogênio absorvido nas várias partes da planta variou com o estresse hídrico. Onde no tratamento sem estresse hídrico, a maior proporção de N-absorvido ficou nos grãos. Esta proporção diminuiu à medida que o estresse hídrico aumentou, incrementando a das raízes, colmos, folhas e espiguetas chochas.

Soares et al. (1994) estimaram a quantidade de N-absorvida, translocada e exportada por cultivares de arroz de terras altas sob quatro doses de nitrogênio. De modo geral, os autores verificaram que as quantidades de nitrogênio, extraídas pelos cultivares, foram crescentes com o aumento das doses, em todos os órgãos da planta, sendo que, a maior quantidade de nitrogênio foi para os grãos, seguido pela casca e raiz. Quanto a translocação de nitrogênio da raiz para a parte aérea, os autores relataram que 78,5% de todo o N-absorvido foi translocado para a parte aérea.

Outro aspecto importante diz respeito à contribuição do nitrogênio absorvido em diferentes estádios para o crescimento e produção da planta de arroz (WADA et al., 1986).

A quantidade de N-absorvido durante o estágio de perfilhamento contribui principalmente para aumentar o número de perfilhos e o número de panículas. No entanto, este também contribui para o crescimento da planta depois do estágio de máximo perfilhamento e, além disso, para os outros componentes da produção, pela translocação de nitrogênio para os órgãos recém desenvolvidos (WADA et al., 1986).

Durante o período de início da diferenciação do primórdio da panícula até o início da diferenciação das espiguetas, a magnitude de crescimento da planta é maior com rápida extensão da área foliar. A quantidade de N-absorvida durante este período contribui efetivamente para produção de espiguetas (WADA et al., 1986).

Durante o período final de diferenciação das espiguetas até o estágio de florescimento, um aumento na absorção de nitrogênio pode influenciar somente em pequena extensão o crescimento vegetativo dos órgãos e tamanho dos drenos porque a diferenciação das espiguetas quase cessou e o crescimento dos órgãos vegetativos é limitado. O nitrogênio contribui para o tamanho do dreno por somente diminuir o número de espiguetas

degeneradas e aumentar o tamanho da casca (WADA et al., 1986).

Durante o período de maturação, a quantidade de nitrogênio que pode ser absorvida é muito pequena comparada ao nitrogênio requerido pelos grãos, no entanto, grande quantidade de nitrogênio é translocado das folhas para os órgãos com avanço da maturação (WADA et al., 1986).

Souza et al. (1998) investigaram a redistribuição do nitrogênio das partes vegetativas durante a maturidade de dois cultivares de arroz, Piauí (tradicional) e IAC-47 (Tradicional-melhorado), com e sem aplicação de nitrogênio via foliar, aos 10 e 20 dias após antese. Os autores constataram que embora os cultivares tenham grãos de peso equivalente (drenos) (30,26 e 27,38 g de grãos vaso⁻¹), o cultivar Piauí teve maior conteúdo de nitrogênio na parte aérea (maior fonte) e apresentou maior quantidade de nitrogênio no grão (remobilizado da parte aérea). Por outro lado, no cultivar IAC-47, observou-se que a folha bandeira também acumulou nitrogênio durante o período pós-antese, competindo com a acumulação de nitrogênio nos grãos. Desta forma, o cultivar Piauí destacou-se como mais eficiente na utilização do nitrogênio acumulado e menos dependente da suplementação de nitrogênio durante o estágio reprodutivo.

4.3 Adubação nitrogenada na cultura do arroz de terras altas

Entre os vários nutrientes, o nitrogênio tem a maior influência sobre o crescimento e produção do arroz (MAE, 1986). Esse nutriente aumenta o número de perfilhos e, com isso, o número de panículas; além de promover maior número de espiguetas granadas e maior teor de proteínas nos grãos (BARBOSA FILHO, 1987).

No entanto, nos cultivares dos grupos tradicional e intermediário, tanto sob o sistema de sequeiro quanto irrigado por aspersão, raramente há resposta, em termos de produtividade de grãos, à aplicação de nitrogênio (STONE et al., 1984; CAMPELO JUNIOR, 1985; SANTOS et al., 1986; ARF, 1993; PRABHU et al., 1996).

Essa constatação é decorrente dos cultivares, principalmente do grupo tradicional, apresentarem porte alto, folhas longas e decumbentes, verde-claro, baixa capacidade de perfilhamento e baixa capacidade de translocação dos fotossintatos para os grãos.

Segundo Fageria e Wilcox (1977) a resposta do arroz ao nitrogênio sofre grande influência do cultivar, clima, manejo de água e propriedades do solo.

Os genótipos de arroz de terras altas diferem quanto à necessidade de nitrogênio. Em média para produção de 1 tonelada de grãos são absorvidos 27 e 32 kg de nitrogênio pelos genótipos do grupo tradicional e do grupo intermediário/moderno, respectivamente (FAGERIA, 1995a, 1995b). Segundo Stone et al. (1999) os genótipos de arroz do grupo intermediário/moderno necessitam de doses de nitrogênio duas vezes superiores às recomendadas para genótipos do grupo tradicional que são de 40 e 50 kg de N ha⁻¹. Raij et al. (1996) recomendam de 50 a 70 kg de N ha⁻¹ para a cultura de arroz de sequeiro no Estado de São Paulo.

Stone e Silva (1998) verificaram que a melhor dose de nitrogênio para adubação de arroz de sequeiro é de 40 kg de N ha⁻¹. Sendo que regiões sujeitas à deficiência hídrica deve-se parcelar a adubação, aplicando-se 1/3 na semeadura e 2/3 na diferenciação do primórdio da panícula.

Stone et al. (1979) obtiveram resposta significativa na produção de grãos à adubação nitrogenada até 60 kg de N ha⁻¹, quando o conteúdo de água no solo foi adequado, enquanto que, com deficiência hídrica, não houve resposta ao nutriente.

Santos et al. (1986) constataram aumento significativo na produção de grãos até 35 kg de N ha⁻¹, quando aplicado por ocasião da diferenciação do primórdio floral, em condições adequadas de água no solo.

Michelon et al. (2002) e Kunz et al. (2002) trabalhando com o cv. Primavera (grupo intermediário), obtiveram resposta quadrática com aumento das doses de nitrogênio quanto a produtividade de grãos. De acordo com o modelo de regressão utilizado, a máxima produtividade observada (5696.5 kg ha⁻¹) foi com 130 kg de N ha⁻¹.

Farinelli et al. (2003) constataram que a dose de 75 kg de N ha⁻¹ proporcionou maior produtividade de grãos (3647 kg ha⁻¹), utilizando o cultivar IAC-202 (grupo intermediário), sob condições de irrigação por aspersão.

Por outro lado, Arf et al. (2002), em Selvíria – MS, estudando o efeito de doses de nitrogênio em cobertura no sistema irrigado por aspersão (0, 25, 50, 75 e 100 kg ha⁻¹), aplicados na diferenciação do primórdio da panícula, constataram que as doses de nitrogênio utilizadas não interferiram nas características agronômicas e produtivas dos

cultivares de arroz Primavera (grupo intermediário), Maravilha (grupo moderno) e Confiança (grupo moderno). A produtividade média de grãos nos dois anos de cultivo (99/00 e 00/01) foi de: 3095, 4023 e 3421 kg ha⁻¹, no primeiro ano e de 4179, 3256 e 3023 kg ha⁻¹, no segundo, para os cultivares Primavera, Maravilha e Confiança, respectivamente. Em outro estudo, também em Selvíria – MS, sob irrigação por aspersão, Alvarez et al. (2002) não obtiveram respostas a aplicação de nitrogênio em cobertura (0, 30, 60 e 90 kg de N ha⁻¹) na diferenciação do primórdio da panícula, dos cultivares Primavera (grupo intermediário) e Maravilha (grupo moderno). No entanto, a produtividade média foi de 4832 e 4604 kg ha⁻¹, respectivamente.

Aumentar a eficiência do uso de nitrogênio pelas culturas anuais, como o arroz de terras altas, é importante do ponto de vista econômico e ambiental. A aplicação de nitrogênio quando a cultura o necessita em maior quantidade durante seu ciclo, é uma das práticas de manejo mais importantes no aumento da eficiência de utilização do nitrogênio (FAGERIA, 1998). Assim, com o intuito de identificar a época apropriada de aplicação desse elemento em arroz de terras altas (cv. Caiapó – grupo tradicional), Fageria (1998) constatou aumento da produção de massa seca e de grãos de 22% e 60%, respectivamente, com a aplicação parcelada de 1/3 do nitrogênio na semeadura + 1/3 do nitrogênio 40 dias após a semeadura + 1/3 do nitrogênio aplicado no início do primórdio floral.

Costa et al. (2002) trabalhando com arroz de terras altas (cv. IAC-202), constataram que a aplicação parcelada do nitrogênio no estágio de diferenciação do primórdio da panícula, aumentou o número de espiguetas por panículas e contribuiu para maior peso de grãos. E a aplicação parcelada do nitrogênio no perfilhamento, proporcionou diminuição do número de espiguetas por panícula até a dose de 60 kg de N ha⁻¹.

Bastos et al. (2002) não obtiveram diferenças significativas entre épocas de aplicação de fertilizante nitrogenado. No entanto, a simples aplicação de nitrogênio, independente da época, proporcionou aumento significativo em relação à testemunha, que foi da ordem de 36,6% (todo nitrogênio na semeadura), 32,5% (metade na semeadura e metade no perfilhamento) e 30,2% (perfilhamento).

A adição de 60 kg ha⁻¹ causou acamamento superior a 50% das plantas do cultivar Primavera, aumentando esse percentual com a elevação das doses de nitrogênio, ocasionando redução da produtividade de grãos (MICHELON et al., 2002; KUNZ et al., 2002). Por outro lado, Sousa e Pereira (2002) constataram que a altura da planta do cultivar

BRS-Bonança (grupo moderno) foi influenciada pelas doses de nitrogênio, sendo verificado comportamento quadrático em resposta a aplicação de nitrogênio. Para a característica acamamento, não foi constatado efeito do nitrogênio, indicando que o cultivar utilizado é portador de resistência ao acamamento, mesmo quando sob altas doses de nitrogênio.

4.4 Análise de crescimento

O crescimento de plantas, sob diferentes condições ambientais, pode ser medido de diversas maneiras, tais como: tamanho, número ou massa de seus órgãos. Entretanto, para o estudo da assimilação de carbono e sais minerais e suas subseqüentes partições dentro da planta, deve-se utilizar preferencialmente a descrição de crescimento em termos de incrementos de matéria seca (MS) e área foliar (AF) (WHALE et al., 1985).

O primeiro passo no desenvolvimento de um procedimento, para analisar o crescimento em termos de mudança de matéria seca das plantas, foi realizado por Blackman citado por Watson (1952), sendo essa técnica de investigação conhecida como análise de crescimento. Kvet et al. (1971) relataram que, a análise de crescimento representa o primeiro passo na análise da produção primária, sendo o elo de ligação entre o simples registro da produtividade vegetal e o estudo desta por métodos fisiológicos. Magalhães (1979) conceitua a análise de crescimento como método que descreve as condições morfofisiológicas da planta em diferentes intervalos de tempo, propondo acompanhar a dinâmica da produção fotossintética.

A análise quantitativa de crescimento pode ser usada para investigar a adaptação ecológica de culturas a novos ambientes, a competição entre espécies, os efeitos de manejo e tratamentos culturais e a identificação da capacidade produtiva de diferentes genótipos (KVET et al., 1971). Do ponto de vista agrônômico, essa técnica pode ser útil em programas de melhoramento genético, sendo ferramenta indispensável para o melhor conhecimento das plantas como entidades biológicas (BENINCASA, 1988). Métodos de obtenção de dados para fins de análise de crescimento de plantas, sob condições normais de cultivo, são em geral simples, consistindo principalmente de medições periódicas de matéria seca (MS) e área foliar (AF) (BRIGGS et al., 1920a). Apesar da complexidade que envolve o crescimento das espécies vegetais, a análise de crescimento ainda é o meio mais acessível e bastante preciso para avaliar o crescimento e inferir a contribuição de diferentes processos

fisiológicos sobre o comportamento vegetal (BENINCASA, 1988).

Radford (1967) apresenta revisão das fórmulas utilizadas na análise de crescimento, suas derivações e principais condições para uso, mostrando os principais índices fisiológicos, estimados a partir da variação da matéria seca total (MST) e área foliar (AF).

A taxa de crescimento relativo (TCR) foi introduzida por Blackman citado por Pereira e Machado (1987), representando a quantidade de material produzido por unidade de material existente, em analogia com a taxa de juros compostos. Briggs et al. (1920a) referem que a TCR não é constante, dando idéia da eficiência das plantas na conversão de matéria seca.

O incremento de matéria seca por área foliar na unidade de tempo, foi denominado por Briggs et al. (1920b) como razão foliar unitária, sendo atualmente conhecido como taxa assimilatória líquida (TAL). Este índice fisiológico de análise de crescimento expressa o balanço entre a fotossíntese e a respiração. De acordo com Watson (1952), é fortemente influenciado por fatores externos, especialmente as condições climáticas. O quociente entre a área foliar e a matéria seca total é denominado de razão de área foliar (RAF) e foi utilizado em comparações com a TCR, por Briggs et al. (1920a). A RAF é composta da razão de massa foliar (RMF), que indica distribuição diferencial dos produtos fotossintéticos entre o crescimento da folha e de outras partes da planta e da área foliar específica (AFE), que representa as diferenças no espessamento foliar (RADFORD, 1967).

O produto da taxa assimilatória líquida versus razão de área foliar, equiivale-se à taxa de crescimento relativo (WATSON, 1952; RADFORD 1967; BENINCASA, 1988).

Segundo Radford (1967) as variações da quantidade de biomassa e da área foliar são utilizadas, com o tempo, na estimativa de vários índices fisiológicos, tais como: taxa de crescimento da cultura (TCC), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa de assimilação líquida (TAL), índice de área foliar (IAF). Tais índices podem, então ser comparados, na tentativa de explicar as diferenças na produção econômica de diferentes cultivares ou de um mesmo cultivar a diferentes tratamentos.

No entanto, tem sido demonstrado que o aumento da área foliar não significa necessariamente aumento de matéria seca, visto que há uma razão inversa entre o índice de área foliar (IAF) e a taxa de assimilação líquida (TAL) em altos níveis de IAF, em

decorrência do sombreamento mútuo (TAKEDA, 1961); e este sendo aumentado, a taxa de fotossintética média por unidade de área foliar é reduzida (YOSHIDA, 1972).

A produção de grãos aumenta com incremento na duração da área foliar (DAF), quando o conteúdo de água no solo não é limitante, porém em condições de deficiência hídrica, pode haver redução no rendimento de arroz (STONE et al., 1979; PINHEIRO e Guimarães, 1990). No entanto, valores muito baixos de IAF (inferiores a 2,0), apesar de minimizarem o risco de perda por deficiência, restringem o potencial produtivo (PINHEIRO e GUIMARÃES, 1990).

Em arroz, a fotossíntese líquida da panícula e das bainhas foliares é muito pequena e a maior parte dos carboidratos provém da fotossíntese da folha bandeira e das três folhas superiores (FERRAZ, 1987). A área destas três folhas pode atingir até 74% da área foliar total, em uma variedade melhorada da sub-espécie *Oryza sativa indica*, com IAF de 5,5 (YOSHIDA, 1981).

Quando se considera IAF crítico com o aquele além do qual a taxa de crescimento de uma cultura não mais aumenta, verifica-se que as espécies de folhas eretas tem IAF críticos mais altos do que as comunidades de folhas caídas. Medições, diretas tem mostrado que o IAF ótimo varia de 4,0 a 8,0 para o arroz (YOSHIDA, 1981).

4.5 Trocas Gasosas

A produção de grãos de arroz e outros cereais está relacionada com a quantidade de CO₂ fixada pela planta e com a forma que o substrato fotossintetizado é particionado para o crescimento dos grãos e de outros órgãos da planta (YOSHIDA, 1972). A alocação de fotossintetizados para as panículas, durante o crescimento dos grãos, é complexa dependendo de vários processos fisiológicos, destacando-se: produção fotossintética antes e após floração, remobilização de reservas acumuladas, principalmente nos colmos antes e após a floração e a eficiência com que o substrato que chega às panículas é convertido em grãos (GIFFORD et al, 1984).

Machado et al. (1990) mediram as trocas de CO₂ em panículas de dois cultivares de arroz (IAC-120 e IAC-4440) no período entre a floração e maturação das plantas. Os autores constataram que a fixação de CO₂ pelas panículas foi maior no período próximo à floração, diminuindo com o desenvolvimento das panículas, sendo praticamente nula na

maturação. A contribuição da fotossíntese das panículas na formação do substrato para seu crescimento foi semelhante em ambos cultivares, sendo tal contribuição estimada de 9% no cultivar IAC-4440 e de 13% no IAC-120.

Em outro estudo, Machado et al. (1994) analisaram as relações fonte-dreno em arroz de sequeiro (IAC-165), através do monitoramento da taxa de fotossíntese (fonte) e do acúmulo de fitomassa em seus órgãos (dreno), durante o período de crescimento dos grãos. Independente da idade e do estágio de desenvolvimento da cultura, a curva da taxa de fotossíntese em função da irradiância apresentou forma de uma hipérbole retangular. Porém, a irradiância de saturação e a taxa de fotossíntese diminuíram com a idade das folhas. A massa dos colmos entre a floração e a maturação apresentou pequeno decréscimo, sugerindo que não houve remobilização significativa de reservas destes órgãos para os grãos. Este fato, aliado à alta porcentagem de granação (94%) das panículas e a taxa de fotossíntese relativamente alta próximo à maturação, sugerem que o potencial de produção de fotossintetizados (fonte) seja maior que a capacidade de utilização pelos grãos (dreno).

O acesso de CO_2 atmosférico às células fotossintéticas do mesofilo ocorre através da abertura estomática. Por essa via, entretanto, ocorre perda de água no sentido da superfície interna hidratada da folha para a atmosfera. Condições propícias à fixação de carbono favorecem a abertura do estômato, enquanto condições propícias à perda de água favorecem-lhe o fechamento. A regulação da abertura estomática ocorre por mecanismos complexos (RASCHKE, 1979), parecendo agir, no entanto, no sentido de minimizar as perdas de água, limitando de forma menos intensa o influxo de CO_2 (COWAN e TROUGHTON, 1971), ou seja, os estômatos parecem funcionar no sentido de otimizar a relação E/A (eficiência fotossintética do uso de água) (COWAN, 1972; FARQUHAR e SHARKEY, 1982). As diversas espécies apresentam diferentes estratégias de adaptação para minimizar a relação E/A.

Machado e Lagôa (1994) avaliaram, sob condições naturais e sem deficiência hídrica o comportamento diário das taxas de assimilação de CO_2 (A) e de transpiração (E), a condutância estomática (g) e a eficiência fotossintética do uso de água (E/A) em milho (C_4), arroz (C_3) e trigo (C_3). Nas três espécies, a curva de resposta de (A) em função da irradiância (I), apresentou a forma de uma hipérbole retangular, porém em milho não houve saturação lumínica. As espécies C_3 (arroz e trigo) revelaram valores maiores de

E/A que a C_4 (milho), em todos os níveis de (I) e valores de (g), indicando melhor adaptabilidade da C_4 na limitação de abertura estomática.

Em experimento, com intuito de medir em condições de casa de vegetação, as trocas gasosas dos cultivares de arroz IAC-165 e IAC-201, Machado et al. (1996) constaram em relação as variáveis estudadas, sem deficiência hídrica, que os cultivares apresentaram padrão semelhante de comportamento. A taxa de assimilação de CO_2 aumentou rapidamente até valores de densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativo (DFFFA) de 700~800 $\mu\text{mol de quanta m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para depois, praticamente estabilizar-se em radiações maiores. Os valores máximos de assimilação de CO_2 foram ao redor de 20 $\text{mmol de } CO_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. A transpiração aumentou linearmente com a DFFFA. A condutância estomática aumentou rapidamente com DFFFA até valores de 300~400 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, mantendo-se praticamente constante em valores maiores de radiação solar.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Localização dos experimentos

Os experimentos foram conduzidos na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP - Campus de Botucatu. O local apresenta como coordenadas geográficas: latitude de 22°51' latitude sul, 48°26' WGR W₁ de longitude oeste e 815 m de altitude.

5.2 Descrição do clima

De acordo com Cunha et al. (1999), o clima de Botucatu, baseado no sistema de classificação de Köppen, foi incluído no tipo Cwa, o que significa clima temperado quente (mesotérmico) com chuvas no verão e seca no inverno, e a temperatura média do mês mais quente superior a 22°C.

5.3 Descrição do tipo de solo da área experimental

O solo onde foi instalado o experimento é classificado como NITOSSOLO VERMELHO Distroférico (EMBRAPA, 1999). Antes da instalação do experimento foram coletadas amostras de solo da área experimental e realizada análise química, segundo método proposto por Raij et al. (1996), cujos resultados estão contidos na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas do solo antes da instalação do experimento, na camada de 0–20 cm.

pH	M.O. CaCl ₂ (g kg ⁻¹)	P resina (mg dm ⁻³)	K -----	Ca	Mg -----mmol _c dm ⁻³ -----	H+Al	SB	CTC	V (%)
4,5	22	4,0	4,4	12	8	64	24	88	27

5.4 Descrição dos cultivares

5.4.1 Caiapó

O cultivar Caiapó é proveniente do Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão – EMBRAPA, resultado do cruzamento (IRAT 13 X Beira Campo) X (CNA x 104-B18-Py-2B X Pérola). Apresenta porte médio (110-130 cm), ciclo médio (128 dias), 95-100 dias da emergência ao florescimento, grãos tipo longo, moderadamente suscetível à brusone (*Pyricularia oryzae* Cav.) e ao acamamento (SOARES et al., 1993).

5.4.2 Primavera

O cultivar Primavera proveniente do Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão - EMBRAPA, é resultado do cruzamento IRAT 10 X LS 85-158. Apresenta como características porte médio (100-120 cm), ciclo curto (112 dias), 80 dias da emergência ao florescimento, grãos tipo longo fino (agulhinha), moderadamente suscetível a brusone (*Pyricularia oryzaea* Cav.) e ao acamamento (BRESEGHELLO et al., 1998).

5.4.3 Maravilha

O cultivar Maravilha é proveniente do Centro Nacional de pesquisa de Arroz e Feijão – EMBRAPA, resultado do cruzamento (TO X 1010-49-1 X IRAT 121 X COLOMBIA 1 X M 312 A). Apresenta porte médio (80–100 cm), ciclo médio (125-132 dias), 95-100 dias da emergência ao florescimento, grãos tipo longo-fino (agulhinha), resistência à brusone (*Pyricularia oryzae* Cav.) e ao acamamento (CNPAF-EMBRAPA)¹.

¹(EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAF) – Goiânia-GO) Comunicação Pessoal, 2000.

5.5 Experimento 1: Marcha de absorção de nitrogênio de cultivares de arroz de terras altas com diferentes tipos de plantas

5.5.1 Delineamento experimental e tratamentos empregados

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com sete repetições. Os tratamentos foram os cultivares Caiapó, Primavera e Maravilha. A escolha desses cultivares foi em função do tipo de planta, na qual o primeiro é do grupo tradicional, o segundo do intermediário e o terceiro do moderno, o que poderia resultar em diferentes marchas de absorção de nitrogênio entre os grupos.

Cada unidade experimental continha 8 fileiras de plantas com 6 metros de comprimento, espaçadas de 0,30m. Foi considerada área útil as seis fileiras centrais, sendo que 0,50 m da extremidade de cada fileira de plantas e as duas fileiras externas constituíram-se na bordadura.

5.5.2 Instalação e condução do experimento

O preparo do solo da área experimental foi realizado por meio de uma aração e duas gradagens, sendo a primeira realizada logo após a aração e a segunda, às vésperas da semeadura.

De acordo com os resultados da análise de solo (Tabela 1), foi realizada no dia 23/10/2001, aplicação de 4,2 toneladas ha^{-1} de calcário dolomítico de PRNT 90%, sendo metade da dose aplicada antes da aração e o restante após essa operação, objetivando elevar a saturação por bases a 50%. A adubação foi realizada de acordo com os resultados de análise de solo (Tabela 1) e as recomendações para a cultura do arroz no sistema de sequeiro, preconizadas por Raij et al. (1996). No entanto, como foi utilizado o cultivo sob irrigação por aspersão, foi aumentada a adubação fosfatada em 50% e a potássica em 30%, segundo recomendação preconizada por Stone e Pereira (1994b). Realizou-se a adubação nos sulcos de semeadura com 20 kg ha^{-1} de N, na forma de uréia, 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 na forma de superfosfato simples e 20 kg ha^{-1} de K_2O , na forma de cloreto de potássio.

A semeadura foi realizada no dia 17/01/2002 no espaçamento de 0,30 m entrelinhas, utilizando-se 240 sementes viáveis m^{-2} de acordo com as recomendações de Breseghello (1998). A emergência das plântulas ocorreu em 24/01/2002.

A irrigação do experimento foi realizada por um sistema de aspersão convencional, composto por duas linhas laterais e aspersores com vazão de 1,07 m³/hora. O momento da irrigação foi definido por um conjunto de 3 tensiômetros distribuídos na área, e instalados na profundidade de 15 cm (extremidade da cápsula porosa), sendo efetuada a irrigação toda vez que a tensão de água no solo atingia 35,5 kPa (CRUSCIOL, 1995), elevando-se o teor de água à capacidade de campo.

Durante a condução do experimento coletou-se, diariamente, as temperaturas máximas, mínimas e médias do ar no Posto Meteorológico distante aproximadamente 500 m do local do experimento. Os dados de temperatura estão contidos na Figura 1.

O controle de plantas daninhas foi realizado por meio de duas capinas manuais no início e no final do estágio de perfilhamento. Verificou-se a ocorrência de percevejos (*Oebalus poecilus* e *Tibraca limbativentris*) que foram controlados mediante duas aplicações do inseticida paration metílico (210 g do i.a. ha⁻¹) aos 43 e 105 DAE.

A adubação de cobertura constou da aplicação de 80 kg de N ha⁻¹, na forma de uréia parcelada em três vezes. A primeira foi realizada aos 13 DAE, com 20 kg ha⁻¹ de N, a segunda e a terceira aos 32 DAE e 57 DAE, respectivamente, com 30 kg ha⁻¹ de N, cada.

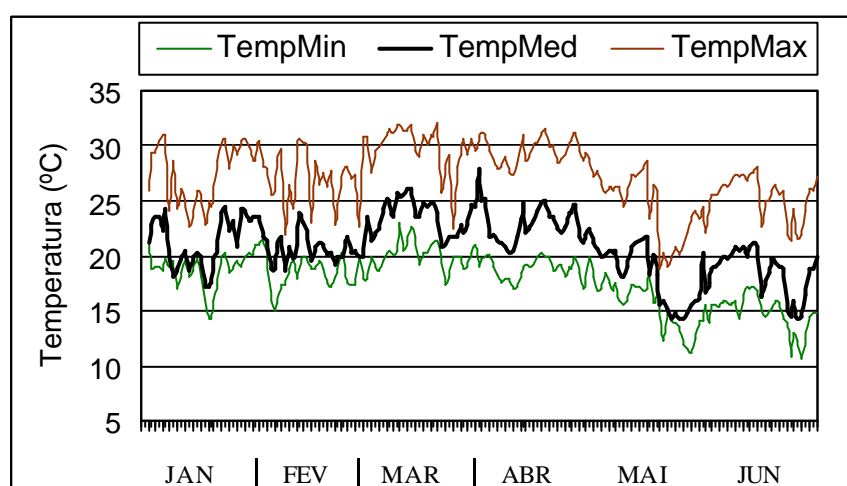


Figura 1. Temperaturas máximas, mínimas e médias (°C), obtidas no período de janeiro a abril de 2001.

5.5.3 Obtenção dos dados

5.5.3.1 Altura da planta

Altura da planta foi determinada medindo-se, a distância média compreendida entre a superfície do solo e a extremidade superior da panícula mais alta, durante o estágio de grãos pastoso, em 10 plantas ao acaso, na área útil de cada unidade experimental.

5.5.3.2 Número de panículas por metro quadrado

Antecedendo a colheita, foi realizada a contagem do número de panículas contidas em 1m de fileiras de plantas na área útil das parcelas e posteriormente calculado por metro quadrado.

5.5.3.3 Número total de espiguetas por panícula

Contagem do número de espiguetas de 20 panículas por unidade experimental, coletadas ao acaso no momento da avaliação do número de panículas por metro quadrado.

5.5.3.4 Fertilidade das espiguetas

Nos dois experimentos, a fertilidade de espiguetas foi determinada para cada unidade experimental a partir da relação: número de espiguetas granadas por panícula pelo número total de espiguetas por panícula, multiplicado por cem.

5.5.3.5 Massa de 1000 grãos

Nos dois experimentos, a massa de 1000 grãos foi determinada através da coleta ao acaso e da pesagem de duas amostras de 1000 grãos de cada unidade experimental (13% base úmida).

5.5.3.6 Análise de crescimento

Foram feitas amostragens aos 39, 46, 55, 67, 75, 83, 92, 102, 111, 118 e 125 dias após emergência (DAE) para os cultivares Caiapó e Maravilha e aos 39, 46, 55, 67,

75, 83, 92, 102, 111 DAE para o cultivar Primavera. Em cada parcela, fora da área útil delimitada para se estimar a produção de grãos, e da bordadura, foram demarcados 2 m lineares, na linha de plantas, para a contagem do número de perfilhos dos cultivares, sempre por ocasião das amostragens das plantas. As amostragens consistiam na coleta das plantas contidas em 0,40 m de linha por parcela, deixando uma bordadura interna entre as amostragens de 0,25 m na linha e uma na entrelinha.

Nas plantas coletadas foram contados os perfilhos (perfilhos amostra¹), descartadas as raízes e separadas as folhas verdes e colmos. Em seguida, executou-se a leitura da área foliar do limbo (lâmina foliar) no medidor de área foliar, modelo AAM-7, fabricado por Hayashi - Denkoh CO, através de amostragem de 20 folhas, sendo medida a matéria seca das mesmas, e por comparação com a matéria seca total das folhas, foi encontrado a área foliar total. As partes da planta foram separadas em limbo (lâmina foliar), colmo + bainha e panícula. A matéria seca de cada órgão foi obtida quando estes foram submetidos à secagem a 60°C em estufa com circulação de ar forçada, até atingir peso constante.

Foram estimadas as variáveis: índice de área foliar (IAF) (m² de folhas/m² de terreno), massa seca das folhas verdes e total (colmos + folhas + panícula), segundo as equações descritas por Portes et al. (2000).

Os IAF foram estimados de acordo com a equação:

$$IAF = [NP \text{ m}^{-1} \times AF \text{ amostra}] \times [\text{espaçamento} \times \text{perfilho amostra}^{-1} \times 10.000]^{-1}, \text{ sendo AF a área foliar da amostra (cm}^2\text{)}.$$

As massas secas das folhas verdes (MSFV) e total (MST) foram estimadas utilizando-se a equação:

$$MSFV \text{ (ou MST)} = (NP \text{ m}^{-1} \times MS \text{ amostra}) \times (\text{espaçamento} \times \text{perfilho amostra}^{-1}).$$

Foram estimados os índices fisiológicos: índice de área foliar (IAF), taxa instantânea de crescimento da cultura (TCC), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa assimilatória líquida ou aparente (TAL), área foliar específica (AFE) pela utilização do programa computacional ANACRES (PORTES; CASTRO JÚNIOR, 1991).

5.5.3.7 Acúmulo de matéria seca, índice de colheita, teor e acúmulo de nitrogênio

As amostragens, realizadas aos 39, 46, 55, 67, 75, 83, 92, 102, 111, 118 e 125 dias após emergência (DAE) para os cultivares Caiapó e Maravilha e aos 39, 46, 55, 67, 75, 83, 92, 102, 111 DAE para o cultivar Primavera, consistiam na coleta das plantas contidas em 0,40 m de linha por parcela, deixando uma bordadura interna entre as amostragens de 0,25 m na linha e uma na entrelinha. Em seguida, a parte aérea das plantas foi lavada em água destilada e a seguir submetida à secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65°C até atingir peso constante. Em todas as amostragens, foram determinadas a massa seca da parte aérea (folhas, colmo + bainha (c +b) e panícula). A seguir, as amostras foram moídas e submetidas às determinações da concentração de nitrogênio, utilizando o método Kjeldahl (MALAVOLTA, 1997).

O índice de colheita (IC) foi obtido pela relação entre a produção de grãos e a matéria seca total.

Com os resultados de matéria seca e de nitrogênio durante o ciclo dos cultivares Caiapó, Primavera e Maravilha realizou-se o ajuste de um modelo de acumulação de matéria seca e de nitrogênio, conforme a equação:

$$Y = A/(1 + \text{EXP}(-(X - X_0)/B)),$$

em que: Y é a massa de matéria seca ou a quantidade de nitrogênio da parte aérea da planta de arroz em kg ha⁻¹; X, dias após emergência.

Os parâmetros A, X₀ e B foram estimados pelo programa SigmaPlot. As equações foram obtidas para descrever a variação, no tempo, da massa de matéria seca e da quantidade acumulada de nitrogênio na parte aérea das plantas de arroz até a época de colheita.

Os índices fisiológicos utilizados para avaliar possíveis diferenças entre os cultivares, segundo Lucchesi (1984), foram a taxa de produção de matéria seca (TPMS), e a taxa de acúmulo de nitrogênio (TAN) obtidas pela manipulação das funções de ajuste, sendo estes índices descrito a seguir.

A TPMS avalia o crescimento do vegetal, relacionando a quantidade de matéria seca acumulada, em função da área de solo, por unidade de tempo, obtida pela equação:

$$TPMS = (M2 - M1) / S(t2 - t1),$$

sendo que, TPMS a taxa de produção de matéria seca em ($\text{kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$); M2 e M1 o crescimento em massa de matéria seca, nos tempos t1 e t2, respectivamente; S é a área de solo.

Uma variação da TPMS, a TAN avalia possíveis diferenças de acumulação do nitrogênio, em função da área de solo, por unidade de tempo, sendo obtida pela equação:

$$TAN = (N2 - N1) / S(t2 - t1),$$

sendo que, TAN a taxa de acúmulo de nitrogênio ($\text{kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$); N2 e N1 a massa de nitrogênio, nos tempos t2 e t1 e S é a área de solo.

5.5.3.8 Produtividade de grãos

A colheita do arroz foi efetuada manualmente e individualmente por unidade experimental, quando os grãos de 2/3 superiores de 50% das panículas apresentaram-se duros e os do terço inferior, semi-duros.

Foi realizada a trilha e secagem à sombra e a limpeza do material, separando-se a palha e as espiguetas dochas com auxílio de uma peneira, através de abanação manual. Em seguida, determinou-se a massa dos grãos colhidos e foi calculada a produtividade de grãos por hectare (kg ha^{-1}) (13% base úmida).

5.5.3.9 Trocas gasosas

Foram medidas as trocas gasosas durante o ciclo dos cultivares de arroz de terras altas pertencentes ao grupo tradicional (cv. 'Caiapó'), intermediário (cv. 'Primavera') e moderno (cv. 'Maravilha'). Utilizou-se o medidor portátil de fotossíntese, com sistema fechado, IRGA LI-6200 da LI-COR. As medidas foram realizadas sempre no período das 9:00 às 12:00h, nas folhas totalmente expandidas, no estágio vegetativo e na folha bandeira, no estágio reprodutivo. Para todos os três cultivares, foram escolhidas duas folhas ao acaso por parcela, num total de 21 parcelas. As medidas foram efetuadas na região mediana da folha bem desenvolvida, com limbo foliar completamente expandido. Foram realizadas ao longo do ciclo dos cultivares seis medidas aos 41, 48, 57, 74, 81 e 89 DAE, para o cultivar

Primavera e oito medidas aos 41, 48, 57, 74, 81, 89, 108 e 121 DAE, para os cultivares Caiapó e Maravilha.

As variáveis medidas foram:

- ? Taxa de assimilação líquida de CO₂ nas folhas (A) em $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$;
- ? Condutância estomática (g_s) em $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$;
- ? Taxa de transpiração nas folhas (E) em $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Para acompanhamento das condições climáticas foram registradas medidas das variações diárias de temperatura e umidade relativa do ar em um Posto Meteorológico distante aproximadamente 500 m do local do experimento. Os dados de temperatura e umidade relativa do ar estão contidos na Tabela 2.

Tabela 2. Médias diárias de temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%), nos dias de medições do experimento. Botucatu – SP, fev-mai de 2002.

Datas de medições	Médias diárias de temperatura (°C)	Médias diárias de umidade relativa do ar (%)
06/03/02	25	73
13/03/02	26	72
22/03/02	21	78
08/04/02	20	82
15/04/02	23	79
23/04/02	23	71
12/05/02	21	74
15/05/02	22	63

5.5.3.10 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias dos três cultivares foram comparadas pelo teste Tukey a 5%.

5.6 Experimento 2: Efeito do ethyl-trinexapac na redução da altura da planta, na distribuição de nitrogênio e na produtividade de grãos de arroz de terras altas irrigado por aspersão (cv. Primavera).

5.6.1 Delineamento experimental e tratamentos empregados

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, dispostos em um esquema fatorial 4x2, com três repetições. Os tratamentos foram constituídos por quatro estádios de desenvolvimento das plantas: início ao final do perfilhamento, final do perfilhamento a diferenciação do primórdio da panícula, diferenciação do primórdio da panícula ao florescimento e do florescimento a maturação, combinados com e sem aplicação de regulador de crescimento.

5.6.2 Instalação e condução do experimento

Para instalação do experimento, sementes de arroz tratadas com carboxin + thiram na dose de 300 mL 100 kg⁻¹ de sementes, foram distribuídas em papel de filtro enrolado e umedecido. Este material foi acomodado em germinador à temperatura de 25°C. Após 48 h, quando foi observado o início da emergência da radícula, as sementes foram transferidas para bancadas dentro da casa de vegetação de vidro, com temperatura e umidade controladas. Após a emergência (7 dias), grupos de seis plântulas foram transferidas para vasos plásticos pretos contendo 4,0 L de solução nutritiva descrita por Furlani e Furlani (1988), a meia força iônica. Aos 12 DAE a solução foi trocada por uma de força iônica total, ajustada a pH = 5,0 a 5,5. Aos 40 DAE foi realizado desbaste, deixando-se duas plantas por vaso, que aos 50 DAE foram transferidas para vasos plásticos contendo 15 L de solução nutritiva. As tampas utilizadas foram confeccionadas a partir de placas de isopor que foram perfuradas para acoplar as plântulas, presas por pedaços de espuma, podendo as raízes entrar em contato com a solução. Durante todo período foi monitorado o pH da solução, que foi permanentemente aerada, mantendo-o em torno de 5,5±0,3, utilizando-se para sua correção NaOH a 0,1 M. A solução foi renovada semanalmente ou quando o pH se afastava da faixa preestabelecida. O volume de água deionizada, necessário para repor perdas por evapotranspiração, foi adicionado diariamente.

5.6.3 Composição da Solução nutritiva (Furlani e Furlani, 1988)

Nº.	Componentes	Concentração g L ⁻¹	Relação Estoque/Solução ml L ⁻¹
1	(NH ₄) ₂ SO ₄	56,6	1
2	Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O	202,3	2
3	CaCl ₂ anidro (1)	90,9	4
4	K ₂ SO ₄	55,8	7,6
5	MgSO ₄ .7H ₂ O	136,9	3
6	KH ₂ PO ₄	35,1	1
7	Ferilene	83,3	1
8	MnCl ₂ .4H ₂ O	2,34	1
	H ₃ BO ₃	2,04	
	ZnSO ₄ .7H ₂ O	0,88	
	CuSO ₄ .5H ₂ O	0,20	
	Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O	0,26	

(1) A solução de CaCl₂ pode ser preparada a partir de CaCO₃ p.a.: umedecer 81,875g de CaCO₃ com água destilada, dissolver com 135mL de HCl fumegante e completar o volume para 1 litro. Se a solução ficar turva, adicionar mais algumas gotas de HCl (antes de completar o volume) até a dissolução.

Composição final da solução nutritiva:

Nutriente	Concentração (mg L ⁻¹)
N-NO ₃	48
N-NH ₄	12
Ca	200
K	200
Mg	40
P	8
S	151
Cl	234
Fe	5
Mn	0,67
B	0,36
Zn	0,20
Cu	0,05
Mo	0,11

A implantação dos tratamentos foi realizada da seguinte forma: no primeiro estágio (início ao final do perfilhamento) havia dois grupos de plantas: seis vasos (contendo duas plantas) com solução nutritiva enriquecida com ¹⁵N e o restante dos vasos (18

vasos) preenchidos com solução sem a presença de ^{15}N (abundância natural). Foi utilizado como fonte de nitrogênio (^{15}N) o sulfato de amônio com abundância de $3,00\pm 0,02\%$ em átomos. Este material foi enriquecido e adquirido no CENA/USP, Piracicaba-SP. Vale ressaltar que dos seis vasos, três correspondiam ao tratamento com o regulador vegetal ethyl-trinexapac aplicado na fase de diferenciação do primórdio da panícula, na dose de $200 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ e três sem o regulador.

Ao final deste estágio, os seis vasos com solução enriquecida com ^{15}N e um vaso com solução sem a presença do ^{15}N (para efeito de comparação) foram coletados para avaliar os índices da análise de crescimento e determinar os teores de N-total e de abundância de ^{15}N (% de átomos de ^{15}N) no material vegetal (limbo foliar, raiz, colmo + bainha e panículas).

No início do segundo estágio (final do perfilhamento à diferenciação do primórdio da panícula), mais seis vasos, que até então não continham ^{15}N na solução, receberam solução enriquecida com ^{15}N e igualmente ao primeiro estágio, o restante dos vasos (18 vasos) foram preenchidos com solução nutritiva sem a presença de ^{15}N . E assim sucessivamente para os outros estágios, sendo sempre adicionado solução enriquecida com ^{15}N em seis vasos no início de cada estágio.

Um outro grupo de vasos (24 vasos), marcados com ^{15}N ao mesmo tempo e condições dos primeiros, ao invés de serem coletados ao final de cada estágio, cada grupo de seis vasos (representando aos tratamentos com e sem aplicação de reguladores vegetais) ao final de cada estágio preestabelecido anteriormente, retornavam para solução sem a presença do ^{15}N , permanecendo nesta até o final do ciclo, onde foram coletas as plantas com intuito de verificar o caminhamento do ^{15}N para formação dos grãos, absorvido em diferentes estágios, ao longo do ciclo da cultura.

5.6.4 Obtenção dos dados

5.6.4.1 Altura da planta

A altura da planta foi determinada, medindo-se à distância entre o colo da planta e a extremidade superior da panícula mais alta, no momento da colheita. Sendo representada pela média das duas plantas do vaso.

5.6.4.2 Número de colmos por planta

O número de colmos por planta foi contado toda vez que se colhia a parcela (um vaso contendo duas plantas), sendo em cada amostragem representado pela média das duas plantas. O número médio de colmos por planta foi obtido através da média de 4 amostragens, durante o ciclo da cultura.

5.6.4.3 Porcentagem de colmos férteis por planta

A porcentagem de colmos férteis foi determinada para cada vaso (parcela), através da relação: número de panículas por vaso pelo número de colmos por vaso, multiplicada por cem.

5.6.4.4 Número de panículas por planta

O número de panículas por planta foi obtido, antes da colheita, sendo representada pela média das duas plantas por parcela (vaso).

5.6.4.5 Número total de espiguetas por panícula

Foi realizada a contagem do número de espiguetas em seis panículas, coletadas ao acaso no momento da avaliação do número de panículas por planta.

5.6.4.6 Fertilidade das espiguetas

Descrito no item 5.5.3.4

5.6.4.7 Massa de 1000 grãos

Descrito no item 5.5.3.5

5.6.4.8 Análise de crescimento

Foram feitas amostragens aos 44, 63, 91 e 125 DAE. As amostragens consistiam na coleta das duas plantas por vaso (parcela).

Nas plantas coletadas foram separadas as raízes, folhas verdes, colmo + bainha (c + b) e panículas. Em seguida mediu-se a área foliar em medidor de área foliar,

modelo AAM-7, fabricado por Hayashi - Denkoh CO, das duas plantas do vaso. A matéria seca de cada órgão foi obtida quando estes foram submetidos à secagem a 60°C em estufa com circulação de ar forçada, até atingir peso constante.

Foram estimados os índices fisiológicos: razão de área foliar (RAF) taxa de crescimento relativo (TCR), taxa assimilatória líquida ou aparente (TAL) e área foliar específica (AFE) pela utilização do programa computacional ANACRES (PORTES; CASTRO JÚNIOR, 1991).

5.6.4.9 Determinações de teor de N e de abundância de ^{15}N (% de átomos)

No momento das amostragens (aos 44, 63, 91 e 125 DAE), as plantas foram separadas em: raízes, colmos + bainha, folhas (lâmina foliar) e panículas. As partes das plantas foram submetidas à secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65°C até atingir peso constante, pesadas e moídas.

As determinações de teor de N e de abundância de ^{15}N (% de átomos) foram realizadas por espectrometria de massa no CENA/USP, Piracicaba, em aparelho ANCA SL modelo 20/20 da Europa Scientific Ltda., Crewe, U.K. (BARRIE; PROSSER, 1996).

A quantidade de N-total na raiz, c+b, folha, panícula foi obtida pelo produto da massa seca pelo teor de N-total em cada parte correspondente. A quantidade de N total na planta inteira foi tomada somando-se as quantidades de cada parte (raiz, c+b, folha e panícula).

A quantidade de ^{15}N na raiz, c+b, folha, panícula foi obtida utilizando-se as equações:

$$\% \text{NPPSN} = (a - b) / (c - b) * 10^2$$

onde:

$\% \text{NPPSN}$ = % de nitrogênio na planta proveniente da solução nutritiva

a = % de ^{15}N na planta (% de átomos de ^{15}N em excesso)

b = % de ^{15}N na planta controle (0,366=variação natural de ^{15}N na atmosfera)

c = % de ^{15}N na solução nutritiva enriquecida (3,00 % ^{15}N)

$$\text{QNPPS}^{15}\text{N} = (\% \text{NPPSN} / 100) * \text{N-total}$$

onde: $QNPPS^{15}N$ = quantidade de nitrogênio (^{15}N) na raiz, c + b, folha e panícula, proveniente da solução nutritiva enriquecida (^{15}N).

$$N\text{-total} = MS (\text{raiz, c + b, folha, panícula}) * (\%N\text{-total}/100)$$

5.6.4.10 Produção de grãos por planta

As panículas colhidas por parcela (vaso), foram postas a secar a sombra e posteriormente foram separadas as espiguetas chochas com auxílio de soprador de ar elétrico. Em seguida, determinou-se o peso de grãos colhidos por vaso, sendo a produção de grãos expressa por planta (13% base úmida).

5.6.4.11 Trocas gasosas

Foram medidas as trocas gasosas durante o ciclo do cultivar Primavera, com e sem aplicação de regulador de crescimento.

As medidas de trocas gasosas foram realizadas com sistema aberto portátil de fotossíntese, com analisador de CO_2 e vapor d'água por radiação infra-vermelha (“*Infra Red Gas Analyser – IRGA*”, modelo LI-6400, LI-COR). Este equipamento mede a diferença entre a concentração de CO_2 e vapor d'água do ar, ao sair das câmaras denominadas amostra (onde está inserida a folha) e referência (sem folha), obtendo-se as concentrações de CO_2 e de vapor d'água que foram assimilados (assimilação de CO_2) e liberados (transpiração de vapor d'água) pelos estômatos da folha, respectivamente.

O equipamento medidor possuía misturador de ar (“buffer”; tambor de 5 litros) para homogeneizar e estabilizar as concentrações de vapor d'água e de CO_2 do ar que entravam nas câmaras com os IRGAs. A concentração de CO_2 do ar que entrava nas câmaras foi ajustada (com auxílio do retirador de CO_2 do ar ou “*CO_2 Scruber*”- soda lime) para $360 \mu\text{mol}CO_2 \text{ mol}^{-1} \text{ ar}$.

Na câmara referência, foi utilizada fonte de luz artificial do tipo LED (“Light Emitting Diodes”) modelo LI-6400-02B, que apresenta um pico principal de intensidade em 670 nm, atingindo máximo de $20 \text{ W.m}^{-2}.\text{nm}^{-1}$ e um pico secundário em 465 nm que atingia um máximo de $2 \text{ W.m}^{-2}.\text{nm}^{-1}$. Esta fonte de luz foi regulada para fornecer, dentro da câmara amostra, densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA, μmol de

fótons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$) semelhante à radiação natural que foi registrada no ambiente externo à câmara, ao longo das medidas, com auxílio de sensor de luz externo (“*Gallium Arsenide Phosphide (GaAsP) Sensor*”). Em termos práticos, a fonte de luz interna foi regulada para no mínimo $1400 \mu\text{mol}$ de fótons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ quando a radiação externa encontrava-se próxima à saturação de luz verificada para o arroz, de $1000 \mu\text{mol}$ de fótons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$, em condições de casa de vegetação (Machado et al., 1994). Quando a radiação externa encontrava-se abaixo deste valor de saturação, as medidas não eram realizadas.

Não foram utilizados os controles de temperatura e umidade relativa do ar da câmara de medidas, aceitando-se os valores de temperatura e umidade do ar locais durante os dias de medidas.

As medidas foram realizadas em folhas totalmente expandidas, no estágio vegetativo e na folha bandeira, no estágio reprodutivo. Em todos os tratamentos, foi escolhida uma folha por parcela (vasos) bem iluminada e as medidas foram efetuadas na região mediana da folha bem desenvolvida, com limbo foliar completamente expandido. Cada folha permaneceu em equilíbrio dentro da câmara por 1 a 2 minutos, antes do registro dos valores.

As variáveis medidas foram:

- ? Taxa de assimilação líquida de CO_2 nas folhas (A) em $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$;
- ? Condutância estomática (g_s) em $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$;
- ? Taxa de transpiração nas folhas (E) em $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Para acompanhamento das condições climáticas, foram medidos no período em que foram realizadas as avaliações de trocas gasosas, a temperatura média do ar ($^{\circ}\text{C}$), utilizando-se psicrômetro de ventoinha, com termômetros de bulbo seco e bulbo úmido. A temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) durante as medidas está expressa na Figura 2.

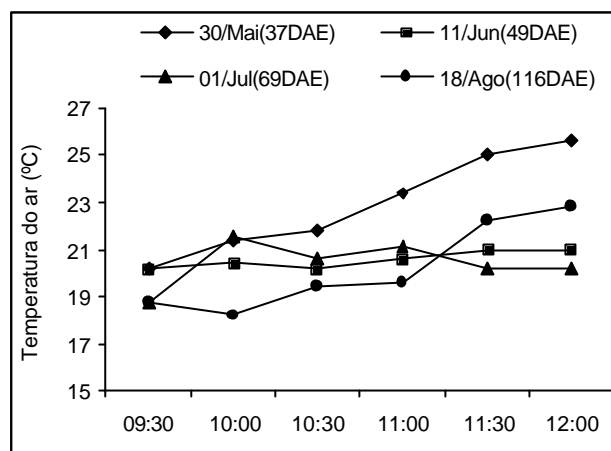


Figura 2. Temperatura média do ar (°C) durante o período de medições, ao longo do ciclo do cultivar Primavera, entre 9:00 e 12:00h.

5.6.4.12 Análise estatística

Os resultados foram analisados estatisticamente com auxílio do programa SISVAR. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos com e sem aplicação de regulador vegetal foram comparadas pelo teste Tukey a 5%.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Experimento 1: Marcha de absorção de nitrogênio de cultivares de arroz de terras altas com diferentes tipos de plantas

6.1.1 Acúmulo de matéria seca e nitrogênio

A evolução da matéria seca total e os resultados de acúmulo de massa seca nas estruturas da planta de arroz, cultivares Caiapó, Primavera e Maravilha, estão apresentados nas Figuras 3, 4 e 5, respectivamente.

Constatou-se que, independente do cultivar, a curva que melhor ajustou os dados de produção de matéria seca foi a sigmóide, concordando com os relatos de Malavolta (1978) e Malavolta e Fornasieri Filho (1993) que trabalharam com cultivares de sequeiro do grupo tradicional. Até o início do perfilhamento, o acúmulo foi pouco expressivo, o qual se intensificou de modo quase linear até o florescimento, devido ao aumento da área foliar (AF) e conseqüentemente da taxa de produção de matéria seca da parte aérea (TPMS). A partir do florescimento, começou a mostrar tendência assintótica.

O acúmulo de matéria seca nos colmos + bainhas (c + b) foi superior ao das folhas a partir do início da fase reprodutiva até o final do ciclo para os cultivares Caiapó e Maravilha (Figuras 3 e 5, respectivamente).

As panículas dos cultivares Caiapó e Maravilha (Figuras 3 e 5, respectivamente) apresentaram valores crescentes de matéria seca a partir de seu surgimento

até o final do ciclo, onde estes não ultrapassaram os valores de massa seca das lâminas foliares. Com estes resultados pode-se inferir que na matéria seca total a participação maior é de colmos + bainhas, seguido de lâminas foliares e panículas.

Para o cultivar Primavera (Figura 4), constatou-se que a matéria seca de colmos + bainhas acumulou maior quantidade de fotoassimilados em relação às folhas, desde o início da fase reprodutiva até a emissão da panícula. A partir daí, houve nítida translocação de grande parte dos fotoassimilados dos colmos + bainhas e lâminas foliares para a formação da panícula, que a partir dos 100 dias após emergência (DAE), apresentou valores de massa seca superiores aos obtidos para os colmos + bainhas e lâminas foliares. No final do ciclo, a participação da panícula na matéria seca total foi a maior dentre as estruturas avaliadas.

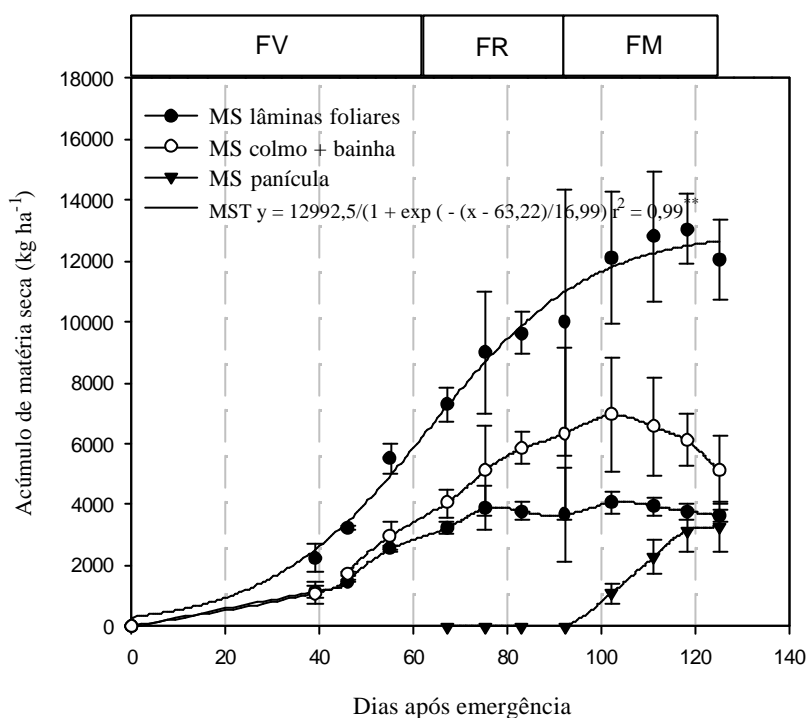


Figura 3. Acúmulo de matéria seca (kg ha^{-1}) pelo arroz de terras altas (cv. Caiapó) irrigado por aspersão em diferentes fases de desenvolvimento. FV = fase vegetativa, FR = fase reprodutiva e FM = fase de maturação.

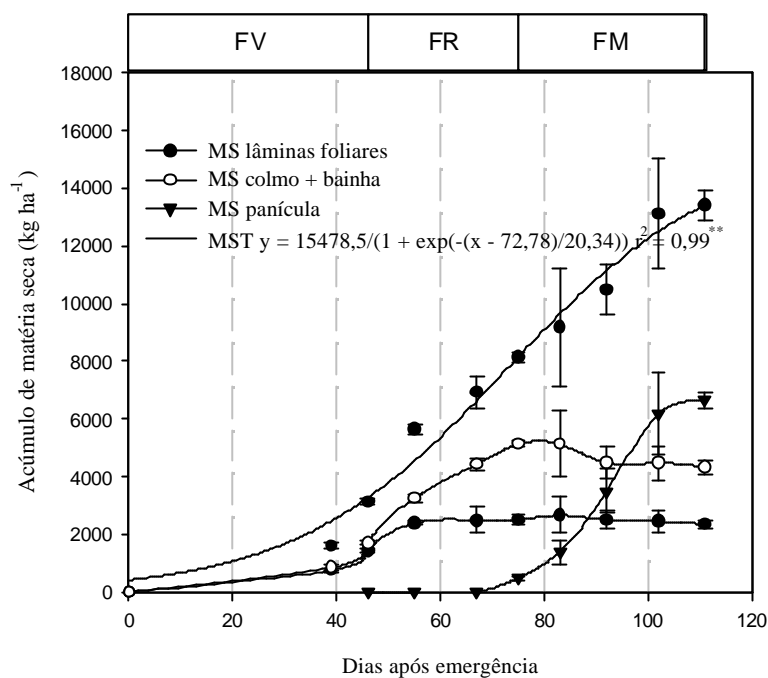


Figura 4. Acúmulo de matéria seca (kg ha⁻¹) pelo arroz de terras altas (cv. Primavera) irrigado por aspersão em diferentes fases de desenvolvimento. FV = fase vegetativa, FR = fase reprodutiva e FM = fase de maturação.

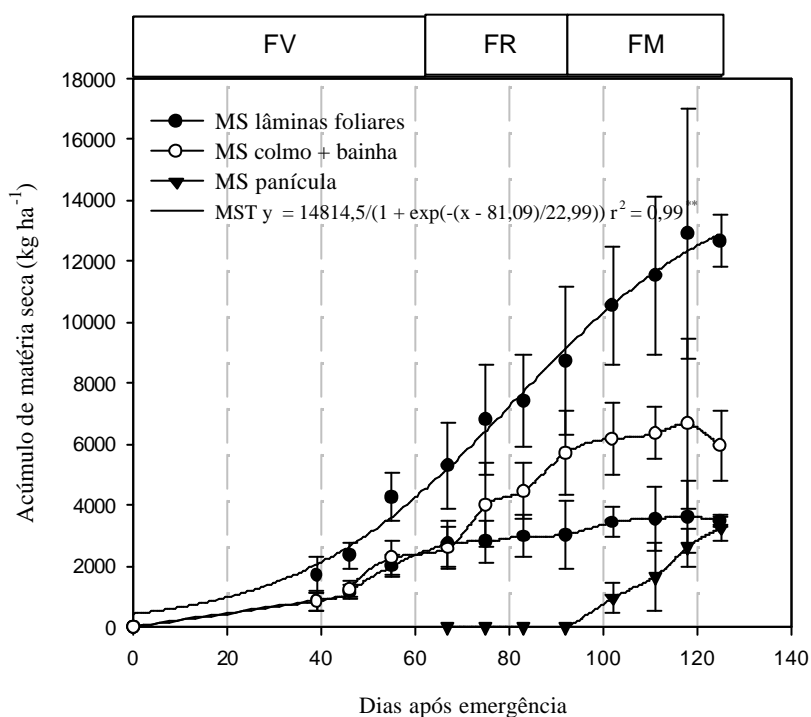


Figura 5. Acúmulo de matéria seca (kg ha⁻¹) pelo arroz de terras altas (cv. Maravilha) irrigado por aspersão em diferentes fases de desenvolvimento. FV = fase vegetativa, FR = fase reprodutiva e FM = fase de maturação.

Na Tabela 3 estão apresentados os índices de colheita dos três cultivares de arroz de terras altas cultivados sob irrigação por aspersão.

Tabela 3. Índice de colheita (IC) de três cultivares de arroz de terras altas cultivado sob irrigação por aspersão.

Cultivar	IC
Caiapó	0,27 b
Primavera	0,50 a
Maravilha	0,26 c

¹Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste Tukey a 5%.

O cultivar Primavera apresentou o índice de colheita de 0,50 atribuído por Yoshida (1981) aos cultivares melhorados de porte baixo. Enquanto, os cultivares Caiapó e Maravilha apresentaram índice de colheita de 0,27 e 0,26, respectivamente, próximos a 0,30 atribuído por Yoshida (1981) aos cultivares tradicionais de porte alto. Deve-se ressaltar, entretanto, que o cultivar Caiapó é de porte alto, o Primavera é de porte intermediário e o Maravilha é de porte baixo.

O cultivar Maravilha, pertencente ao grupo moderno, apresentou índice de colheita de 0,26 aquém do 0,50 atribuído por Yoshida (1981) para cultivares melhorados de porte baixo. Esse resultado pode ter sido influenciado pela semeadura tardia e pelos diferentes ciclos dos cultivares, sendo o Caiapó e Maravilha de ciclo médio e o Primavera de ciclo curto, favorecendo assim, o desenvolvimento das plantas de ciclo curto.

A partir das equações logísticas do acúmulo de matéria seca, calculou-se o índice fisiológico: taxa de produção de matéria seca (TPMS) segundo Lucchesi (1984), que está na Figura 6.

Observando o conjunto de resultados da taxa de produção de matéria seca (TPMS) em função do tempo, para os três cultivares, constatou-se que a TPMS foi baixa no início do ciclo, aumentou rapidamente até atingir um valor máximo, para em seguida decrescer.

Para o cultivar Caiapó a TPMS máxima foi de 188,0 kg ha⁻¹ dia⁻¹ e a média de 108,0 kg ha⁻¹ dia⁻¹; para o cultivar Primavera a TPMS foi de 189,0 kg ha⁻¹ dia⁻¹ e a média foi de 140,0 kg ha⁻¹ dia⁻¹; para o cultivar Maravilha a TPMS máxima foi de 160,0 kg ha⁻¹

dia⁻¹ e a média de 116,0 kg ha⁻¹ dia⁻¹.

A TPMS é um parâmetro importante porque demonstra o incremento de matéria seca por unidade de área e por unidade de tempo, sendo classificada por Lucchesi (1984) como produtividade primária líquida.

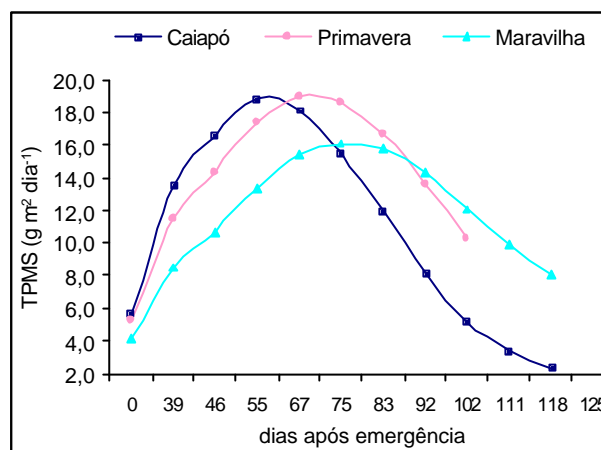


Figura 6. Taxa de produção de matéria seca da parte aérea de arroz dos cultivares Caiapó, Primavera e Maravilha, durante o ciclo.

Nas Figuras 7, 8 e 9 estão representados os dados de acúmulo de nitrogênio dos cultivares Caiapó, Primavera e Maravilha, respectivamente.

Pode-se verificar que a curva que melhor ajustou os dados de acúmulo de nitrogênio foi a sigmóide, independente do cultivar, sendo semelhante à curva que representou o acúmulo de matéria seca. No início a demanda de nitrogênio foi baixa, a partir do ativo perfilhamento até o florescimento esta se intensificou de modo quase linear, tendo sido constatado que cerca de 82% do N-total foi absorvido neste período, a partir de então, começou a mostrar tendência assintótica. Esta resposta está de acordo com os relatos de Wada et al. (1986) e Fornasieri Filho e Fornasieri (1993), tendo estes últimos autores, verificado que até o florescimento a planta já absorveu mais de 75% do N-total.

A grande demanda de nitrogênio a partir do perfilhamento ativo até o florescimento é consequência de neste período ocorrerem grandes modificações na planta, já descritas anteriormente, que requerem quantidades substanciais de nitrogênio, uma vez que esse nutriente tem função estrutural (MALAVOLTA et al., 1997).

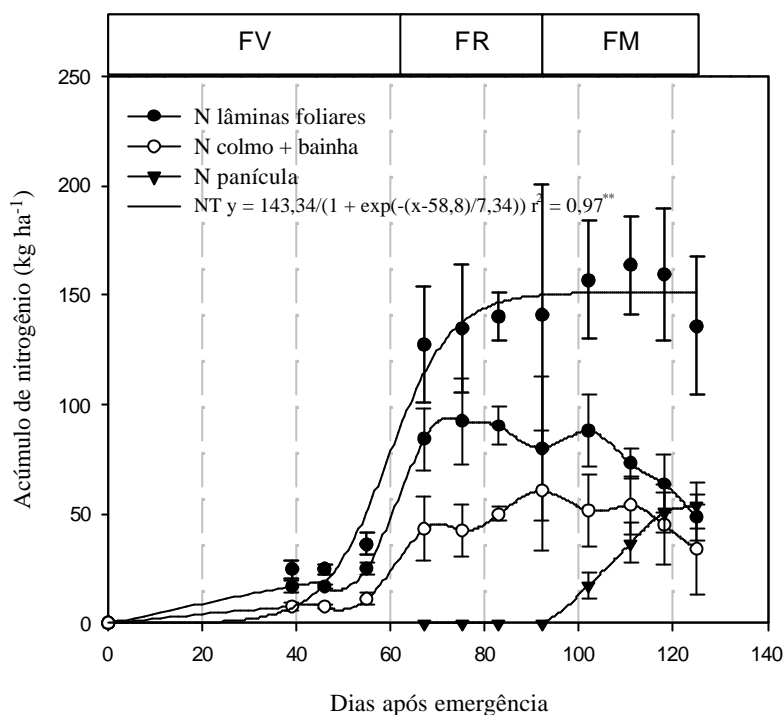


Figura 7. Acúmulo de nitrogênio (kg ha^{-1}) pelo arroz de terras altas (cv. Caiapó) irrigado por aspersão em diferentes fases de desenvolvimento. FV = fase vegetativa, FR = fase reprodutiva e FM = fase de maturação.

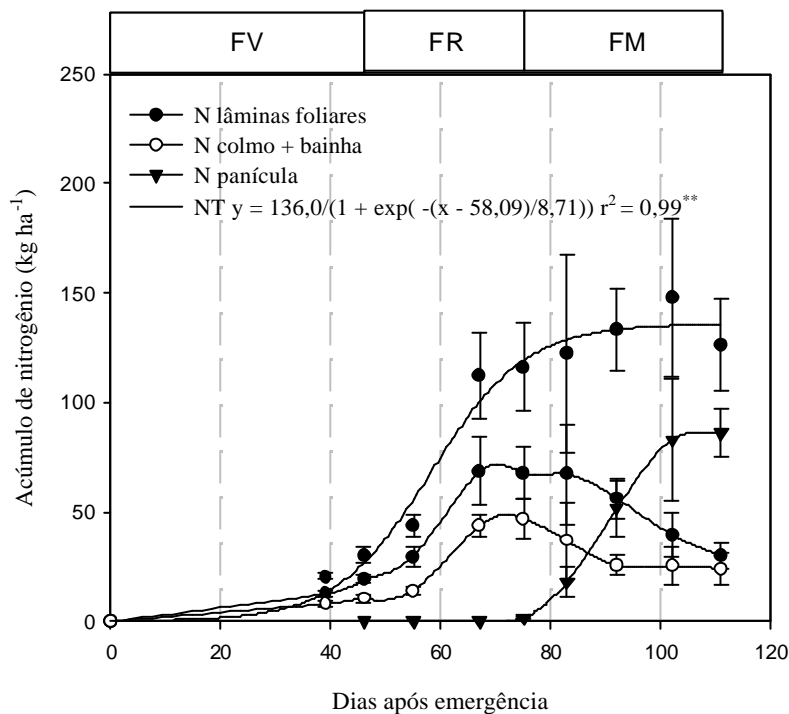


Figura 8. Acúmulo de nitrogênio (kg ha^{-1}) pelo arroz de terras altas (cv. Primavera) irrigado por aspersão em diferentes fases de desenvolvimento. FV = fase vegetativa, FR = fase reprodutiva e FM = fase de maturação.

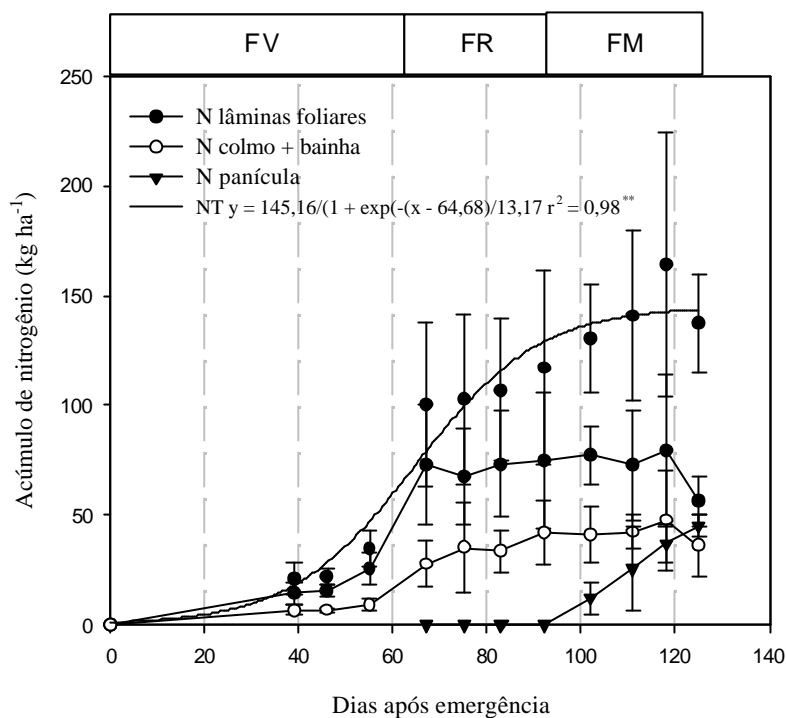


Figura 9. Acúmulo de nitrogênio (kg ha^{-1}) pelo arroz de terras altas (cv. Maravilha) irrigado por aspersão em diferentes fases de desenvolvimento. FV = fase vegetativa, FR = fase reprodutiva e FM = fase de maturação.

As folhas acumularam maior quantidade de nitrogênio em relação aos colmos + bainhas, independente do cultivar. Nas folhas, o nitrogênio está concentrado nos cloroplastos principalmente sob a forma de ribulose 1,5-bisfosfato carboxilase-oxigenase (RUBISCO), a enzima fotossintética responsável pela assimilação do CO_2 . Em plantas C_3 , como o arroz, a RUBISCO contribui com cerca de 50% do total de proteína solúvel das folhas como relatado por Souza et al. (2002).

O acúmulo de nitrogênio nos colmos + bainhas e lâminas foliares do cultivar Caiapó (Figura 7) foi mais intenso no período que compreendeu o ativo perfilhamento até a emissão da panícula, onde verificou-se que parte do nitrogênio acumulado nestas estruturas foi remobilizado para a formação das panículas, que no final do ciclo apresentaram valores superiores ao das folhas e c + b. A quantidade de nitrogênio na panícula do N-absorvido durante o período de enchimento de grãos foi 26% do N-total. Assim, o N-remobilizado de órgãos vegetativos foi da ordem de 74%. As lâminas foliares foram as maiores fontes de N-remobilizado (44%), seguidas pelos colmos + bainhas (30%).

Na Figura 8, constatou-se que a maior demanda de nitrogênio pelos colmos + bainhas e lâminas foliares do cultivar Primavera, assim como observado para o Caiapó, ocorreu entre o período de ativo perfilhamento e emissão da panícula. A partir de então, foi nítida a translocação de maior parte de nitrogênio destas estruturas para os grãos em formação, chegando no final do ciclo a apresentar valores superiores a estas estruturas. Da quantidade de N-total absorvida durante o período de enchimento de grãos, 35% foi translocado para a panícula, sendo que cerca de 65% do N-remobilizado foi proveniente de órgãos vegetativos. As lâminas foliares foram a maior fonte de remobilização de N (40%), seguido pelos colmos + bainhas (25%). Norman et al. (1992) constataram que da quantidade de N-total absorvida durante o período de enchimento de grãos, 14 % foi translocado para a panícula, sendo que cerca de 86% do N-remobilizado foi proveniente de órgãos vegetativos. As folhas bandeiras foram a maior fonte de remobilização de nitrogênio (58%), seguido pelos colmos + bainhas (28%).

Quanto ao cultivar Maravilha (Figura 9), observou-se comportamento semelhante aos demais cultivares quanto ao período de maior demanda de nitrogênio pelos c + b e folhas. Com relação a remobilização de nitrogênio dessas estruturas para a formação da panícula, constatou-se que o c + b contribuiu com pequena quantidade de nitrogênio, sendo que no final do ciclo os valores de acúmulo desse nutriente na panícula ultrapassaram somente os das folhas, indicando que estas estruturas foram as que mais contribuíram para a formação da panícula. A quantidade de nitrogênio na panícula derivado do N-absorvido durante o período de enchimento de grãos foi 21% do N-total. Assim, o N-remobilizado de órgãos vegetativos foi da ordem de 79%. As lâminas foliares foram as maiores fontes de N-remobilizado (50%), seguidas pelos colmos + bainhas (29%). Mae (1986) relatou que a quantidade de nitrogênio na panícula derivado do N-absorvido durante o período de enchimento de grãos foi somente 30% do N-total. Assim, o N-remobilizado de órgãos vegetativos foi da ordem de 70%. As lâminas foliares foram as maiores fontes de N-remobilizado, seguidas pela bainha foliar e colmos.

A partir das Figuras 7, 8 e 9, calculou-se o índice fisiológico: taxa de acúmulo de nitrogênio (TAN), derivado do trabalho de Lucchesi (1984), que está na Figura 10.

Observando o conjunto de resultados da taxa de acumulação de nitrogênio (TAN), para os três cultivares, constatou-se que a TAN foi semelhante à de acúmulo de matéria seca, sendo baixa no início do ciclo, aumentou rapidamente até atingir um valor máximo, para em seguida decrescer.

Para os três cultivares a máxima TAN ocorreu aos 55 DAE. Para o Caiapó a TAN máxima foi de $4,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ e a média foi de $1,3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, para o Primavera a TAN máxima foi de $3,7 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ e a média foi de $1,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ e para o Maravilha a TAN máxima foi de $2,7 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ e a média foi de $1,3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$.

Com base nestes resultados, pode-se inferir que a fase vegetativa dos cultivares Caiapó e Maravilha e a reprodutiva do Primavera compreenderam ao período de maior demanda de nitrogênio pela planta, independente do ciclo do cultivar.

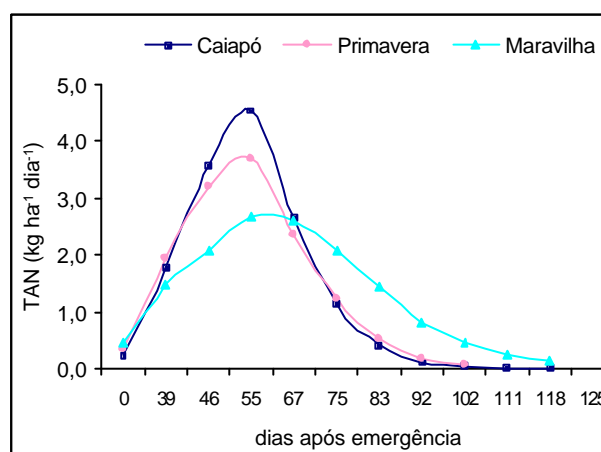


Figura 10. Taxa de acúmulo de nitrogênio na parte aérea de arroz dos cultivares Caiapó, Primavera e Maravilha, durante do ciclo.

6.1.2 Análise de crescimento

Aos valores observados de índice de área foliar (IAF) e massa seca total (MST), em função do tempo (DAE), foram ajustadas equações matemáticas e feitos os testes de significância para as regressões, com programa computacional (ZULLO JÚNIOR; ARRUDA, 1987) (Tabela 4).

Os ajustes, para os cultivares, foram todos significativos quanto às variáveis mencionadas em função do tempo ($P < 0,01$). Exceção para a variável IAF, sendo $P < 0,05$.

Tabela 4. Regressões da matéria seca total (MST) e índice de área foliar (IAF) em função do tempo (dias após a emergência) do ciclo da cultura do arroz, e os respectivos coeficientes de determinação (R), valores de F e níveis de significância dos ajustes.

Variável	Tratamento	Modelo logístico	R	F	P
MST	Caiapó	$Y = 1,5/(1+(17,65)*\exp(-(3,70*10^{-2})*X))$	0,94	68,3	<0,01
MST	Primavera	$Y = 1,4/(1+(84,68)*\exp(-(0,06)*X))$	0,98	197,6	<0,01
MST	Maravilha	$Y = 1,6/(1+(67,17)*\exp(-(4,74*10^{-2})*X))$	0,96	98,8	<0,01
Modelo exponencial quadrático					
IAF	Caiapó	$Y = 7,17*10^{-2}*\exp(0,10X)+(-6,016*10^{-4})X^2$	0,79	6,56	<0,05
IAF	Primavera	$Y = 2,18*10^{-2}*\exp(0,13X)+(-7,80*10^{-4})X^2$	0,79	4,92	<0,05
IAF	Maravilha	$Y = 0,12*\exp(0,072X)+(-3,65*10^{-4})X^2$	0,77	5,91	<0,05

6.1.2.1 Índice de área foliar (IAF)

Os resultados obtidos para índice de área foliar, ao longo dos dias após emergência (DAE) para os cultivares podem ser observados na Figura 11.

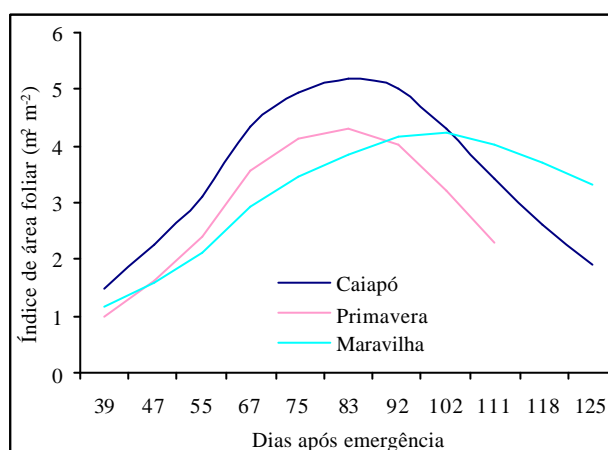


Figura 11. Índice de área foliar (m^2 de folhas m^{-2} de terreno) de três cultivares de arroz de terras altas (Caiapó, Primavera e Maravilha), ao longo do ciclo.

Constatou-se que dos 39 aos 47 DAE, não houve diferença entre os cultivares Primavera e Maravilha. A partir dos 55 aos 83 DAE o cultivar Primavera apresentou maiores valores de IAF comparado ao Maravilha, em seguida os valores de IAF começaram a diminuir pela fato de ter aumentado a quantidade de folhas senescentes.

Os valores de IAF para o cultivar Caiapó foram maiores comparados aos demais cultivares dos 39 aos 102 DAE; a partir dos 102 DAE estes valores foram superados pelo cultivar Maravilha que manteve este patamar até o final do ciclo.

Os cultivares Caiapó e Primavera alcançaram aos 83 DAE o IAF máximo de 5,8 e 4,3 m² de folhas por m² de terreno, respectivamente. Já o Maravilha explorou o máximo espaço disponível por volta dos 92 DAE (4,2 m² de folhas por m² de terreno). Depois de alcançado o IAF máximo, observou-se diminuição destes valores para todos os cultivares, atingindo valores próximo a um no cultivar Caiapó. A redução do IAF no final do ciclo é devido à redução da área foliar útil, com a senescência da planta, morte e queda de folhas.

6.1.2.3 Taxa de crescimento relativo (TCR)

A taxa de crescimento relativo, kg kg⁻¹ dia⁻¹, tem seus valores apresentados na Figura 12.

De acordo com Benincasa (1988) a TCR reflete o aumento da matéria seca da planta ou qualquer órgão desta, num intervalo de tempo, sendo função do tamanho inicial, ou seja, do material preexistente.

A observação da Figura 12 mostrou que houve redução acentuada da TCR a partir dos 55 DAE, para os três cultivares, como obtido para TPMS (Figura 6), em função da planta encontrar-se em fase de senescência, com queda e morte de folhas.

A tendência de diminuição da taxa de crescimento relativo com a idade da planta está de acordo com as observações de vários autores, trabalhando com plantas diferentes. Em soja, Rodrigues (1982); Boaro (1986), em feijão; Alvarez (1999), em amendoim; Stone et al. (1988) e Oliveira (1995), em arroz.

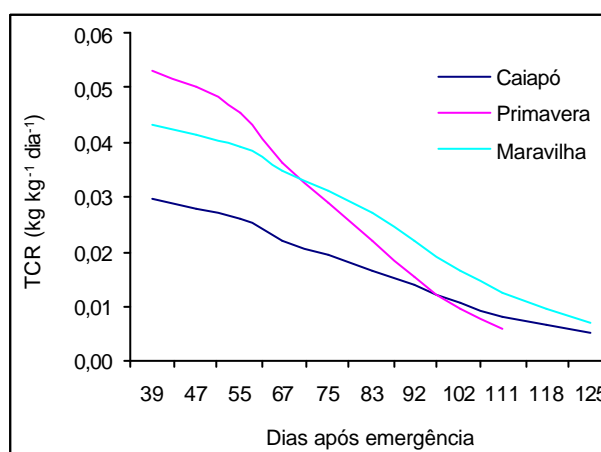


Figura 12. Taxa de crescimento relativo (kg kg⁻¹ dia⁻¹) de três cultivares de arroz de terras altas (Caiapó, Primavera e Maravilha), ao longo do ciclo.

O decréscimo da TCR com a idade da planta, em parte, é resultado do aumento gradativo de tecidos não assimilatórios (WILLIAMS, 1946).

Neste trabalho, os decréscimo da TCR foram maiores para o cultivar Primavera, com maior produção de massa seca (Figura 4) e menor ciclo cultural.

6.1.2.4 Taxa assimilatória líquida (TAL)

Os resultados referentes à taxa assimilatória líquida, $\text{kg m}^{-2} \text{dia}^{-1}$, para os cultivares podem ser observados na Figura 13.

A taxa assimilatória líquida reflete a eficiência do sistema assimilador envolvido na produção de massa seca, estimando a fotossíntese líquida (BOARO, 1986).

Dos 39 aos 75 DAE observou-se que o cultivar Primavera apresentou maior valor de TAL, seguido pelo cultivar Maravilha e Caiapó, respectivamente. No final do ciclo, ocorreram decréscimos da TAL, sendo mais acentuado nos cultivares Caiapó e Maravilha, indicando maior eficiência do sistema assimilador do cultivar Primavera.

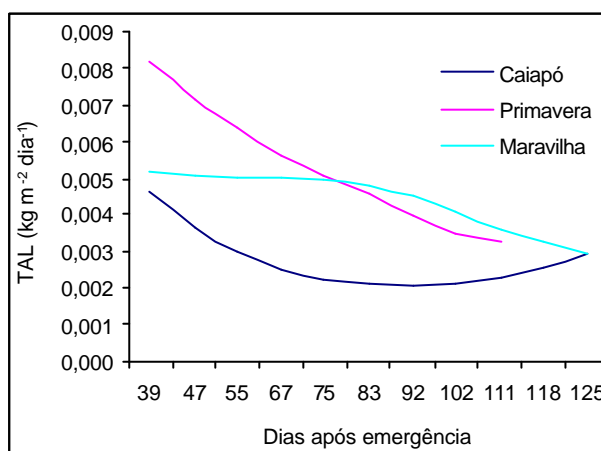


Figura 13. Taxa assimilatória líquida ($\text{kg m}^{-2} \text{dia}^{-1}$) de três cultivares de arroz de terras altas (Caiapó, Primavera e Maravilha), ao longo do ciclo.

Na literatura, existe certa controvérsia entre os estudos sobre a TAL. Alguns autores reportam aumentos da TAL até uma determinada idade da planta, enquanto para outros, não há variações durante o desenvolvimento da planta da mesma espécie. Oliveira (1995) e Aguiar Netto (1997) trabalhando com arroz e batata, respectivamente, não observaram reduções da TAL com a idade da planta, para alguns tratamentos. Tais divergências, talvez sejam devidas à influência de condições climáticas, forma de condução

dos experimentos e pelas variações intra-específicas desta taxa, assim como da espécie da planta estudada, dos diferentes locais que foram desenvolvidos os experimentos, onde alguns poderiam apresentar microclima mais favorável que outro (ROSETTO; NAKAGAWA, 2001).

6.1.3 Altura da planta, componentes da produção e produtividade

Os resultados obtidos com relação à altura da planta, componentes da produção e produtividade de grãos, dos cultivares Caiapó, Primavera e Maravilha, podem ser observados na Tabela 5.

Quanto à altura da planta, constatou-se que o cultivar Maravilha diferiu significativamente do Caiapó e Primavera, apresentando menor altura. Esse resultado respalda a descrição e a classificação atribuída pela Embrapa (2000) ao cultivar Maravilha.

Tabela 5. Altura da planta, componentes da produção e produtividade (kg ha^{-1}) dos cultivares de arroz de terras altas, Caiapó, Primavera e Maravilha no ano agrícola 01/02.

Cultivares	Altura da planta (cm)	Número de panículas m^{-2}	Número de espiguetas panícula ⁻¹	Fertilidade de espiguetas (%)	Massa de 1000 grãos (g)	Produtividade (kg ha^{-1})
Caiapó	97 a	241 a	114 b	76,5 a	27,0 a	4157 b
Primavera	102 a	253 a	151 a	76,1 a	24,7 ab	6010 a
Maravilha	80 b	260 a	92 b	77,4 a	22,3 b	4094 b
Valores de F						
Cultivar	25,45 **	0,73 ^{ns}	23,30 **	0,08 ^{ns}	9,96 **	5,24*
C.V. (%)	6,68	11,91	13,69	7,52	7,89	26,47

*, ** e ^{ns}, significativo a 5%, 1% e não significativo, respectivamente.

¹Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste Tukey a 5%.

O número de panículas, não foi diferente entre os cultivares apesar destes possuírem características distintas quanto a capacidade de perfilhamento, tendo o Caiapó e Primavera média e o Maravilha alta capacidade de perfilhamento. Este resultado pode estar diretamente relacionado com a época de instalação do experimento, em que a semeadura foi tardia, tendo influenciado este componente, principalmente com relação ao cultivar Maravilha. Visto que o número de panículas por metro quadrado depende, entre outros, do número de colmos por metro quadrado.

Verificou-se que o número de espiguetas por panícula foi maior no

cultivar Primavera, diferindo significativamente das demais. Essas diferenças provavelmente são intrínsecos dos cultivares, ou seja, estão diretamente relacionados às características genéticas dos materiais, uma vez que durante a formação das panículas (fase reprodutiva) as condições climáticas do experimento foram as mesmas para os três cultivares, além de estarem dentro da faixa adequada para a cultura do arroz.

Quanto à fertilidade das espiguetas, não houve diferença significativa entre aos cultivares, o que atesta a adequada disponibilidade hídrica durante a condução do experimento, assim como, as temperaturas máximas (30°C) e mínimas (20°C) dentro dos limites para o desenvolvimento satisfatório da cultura (FERRAZ, 1983). Pois sob condições de deficiência hídrica a fertilidade das espiguetas é significativamente reduzida (CRUSCIOL, 1998).

A massa de 1000 grãos foi significativamente maior no cultivar Caiapó em relação ao Maravilha. Este resultado é respaldado pelo tipo de grão dos cultivares, onde o Caiapó possui grãos longo e o Maravilha grão longo-fino. A massa do grão é um caráter varietal estável, que depende do tamanho da casca, determinado durante duas semanas que antecedem a antese e do desenvolvimento da cariopse após o florescimento, portanto depende da translocação de carboidratos, nos primeiros sete dias, para preencher a casca no sentido de seu comprimento, e nos sete dias posteriores, na largura e espessura (MACHADO, 1994). Este componente é pouco influenciado por fatores de ordem climática e nutricional.

Em função dos resultados dos componentes da produção, a maior produtividade foi do cultivar Primavera em razão do maior número de espiguetas por panícula.

6.1.4 Trocas gasosas

Nas Figuras 14, 15 e 16 são apresentados os resultados de trocas gasosas compostos da taxa de assimilação líquida de CO₂ (A), da condutância estomática (g) e da taxa de transpiração (E) dos cultivares Caiapó, Primavera e Maravilha, durante o ciclo.

Constatou-se, nos três cultivares, maiores valores da taxa de assimilação de CO₂ (Figura 14), condutância estomática (Figura 15) e transpiração (Figura 16) até aos 57 DAE. Posteriormente, o cultivar Primavera apresentou queda destes valores, o que pode ser atribuído ao menor ciclo. Aos 57 DAE, aproximadamente, o cultivar Primavera estava iniciando a fase reprodutiva, tendo assim apresentado menor duração da fase vegetativa

em relação aos demais cultivares.

Assim, comparado aos demais, o cultivar Primavera apresentou maiores valores da taxa de assimilação de CO_2 e menores de condutância estomática e transpiração ao final do ciclo, o que pode ter contribuído com maior eficiência fotossintética (acumulação e translocação de carboidratos e nutrientes para a panícula na fase reprodutiva), refletindo em maior produtividade de grãos.

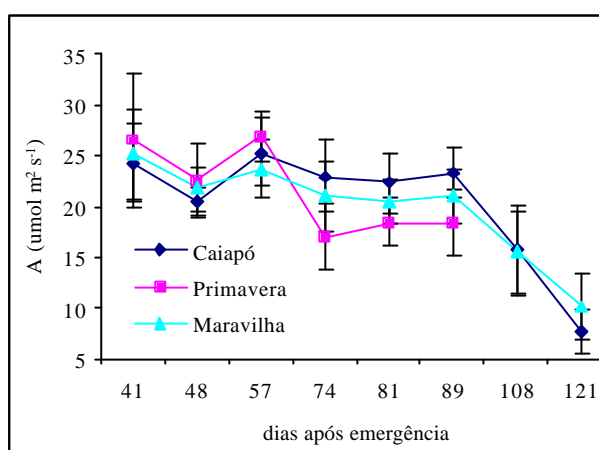


Figura 14. Taxa de assimilação líquida de CO_2 (A) de três cultivares de arroz Caiapó, Primavera e Maravilha, durante o ciclo. Cada ponto corresponde à média de sete repetições e as barras transversais correspondem ao desvio padrão.

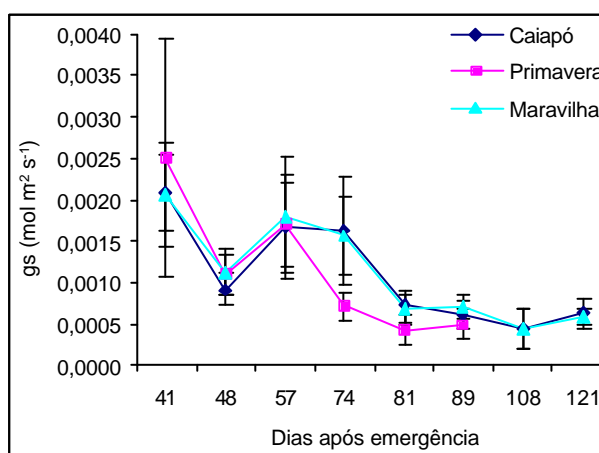


Figura 15. Condutância estomática (g) de três cultivares de arroz Caiapó, Primavera e Maravilha, durante o ciclo. Cada ponto corresponde à média de sete repetições e as barras transversais correspondem ao desvio padrão.

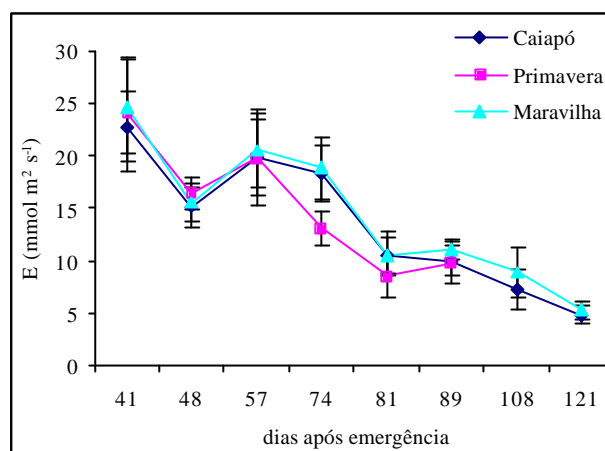


Figura 16. Taxa de transpiração de folhas (E) de três cultivares de arroz Caiapó, Primavera e Maravilha, durante o ciclo. Cada ponto corresponde à média de sete repetições e as barras transversais correspondem ao desvio padrão.

6.2. Experimento 2: Efeito do ethyl-trinexapac na redução da altura da planta, na distribuição de nitrogênio e na produtividade de grãos de arroz de terras altas irrigado por aspersão (cv. Primavera)

6.2.1 Acúmulo de matéria seca

Os resultados de acúmulo de matéria seca nas estruturas (raiz, colmo + bainha (c + b), folha e panícula) e na planta inteira, com e sem aplicação de regulador de crescimento estão contidos na Tabela 6.

Não foi constatada diferença significativa entre os tratamentos quanto ao acúmulo de matéria seca na raiz, c + b e folhas. O tratamento com regulador causou redução no acúmulo de matéria seca da panícula e, conseqüentemente, na matéria seca da planta inteira, o que é explicado pelo fato do regulador não ter interferido na matéria seca das demais estruturas (raiz, c + b e folha).

Tabela 6. Acúmulo de matéria seca na raiz, colmo + bainha (c + b), folha, panícula e planta inteira (g planta⁻¹) do cultivar Primavera, com e sem aplicação de regulador vegetal.

Tratamento	Épocas de coleta ¹			
	Final PERF	DPP	FLORESC	MF
	MS raiz (g planta ⁻¹)			
CR	0,8 a ²	10,3 a	16,3 a	22,3 a
SR	0,9 a	11,0 a	15,0 a	22,2 a
CV(%)	13,1			
	MS c + b (g planta ⁻¹)			
CR	11,1 a	18,6 a	38,0 a	57,9 a
SR	11,1 a	17,9 a	39,9 a	63,0 a
CV(%)	14,6			
	MS folha (g planta ⁻¹)			
CR	1,4 a	14,7 a	20,7 a	25,3 a
SR	1,5 a	14,1 a	20,9 a	24,5 a
CV(%)	11,1			
	MS panícula (g planta ⁻¹)			
CR			4,4 a	27,9 b
SR			7,9 a	43,9 a
CV(%)	30,2			
	MS planta inteira (g planta ⁻¹)			
CR	3,3 a	43,6 a	80,2 a	139,7 b
SR	3,5 a	43,2 a	84,2 a	160,8 a
CV(%)	15,8			

¹Final PERF = final do perfilhamento; DPP = diferenciação do primórdio da panícula; FLORESC = florescimento; MF = maturação fisiológica.

²Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste Tukey a 5%.

Baseado no exposto, pode-se inferir que a aplicação do regulador vegetal na diferenciação do primórdio da panícula pode ter interferido nos processos iniciais de formação da mesma, que envolvem constantes multiplicações celulares, como: formação das ramificações das panículas, formação do número de espiguetas por ramificações, formação de órgãos florais e meiose. A ação do ethyl-trinexapac está associada à inibição do metabolismo de síntese de giberelinas e estas tem como um dos mecanismos de ação o aumento do número e comprimento de células, afetando o crescimento, principalmente, do caule (BENINCASA; LEITE, 2002).

A interferência do ethyl-trinexapac nos processos iniciais de formação da panícula pode ter acarretado o surgimento de panículas menores, com menor número de espiguetas e conseqüentemente, menor massa seca, comparado ao tratamento sem aplicação do retardante vegetal.

Na Figura 17 esta apresentada a participação da matéria seca da panícula (%) na matéria seca total da planta, com e sem aplicação de retardantes.

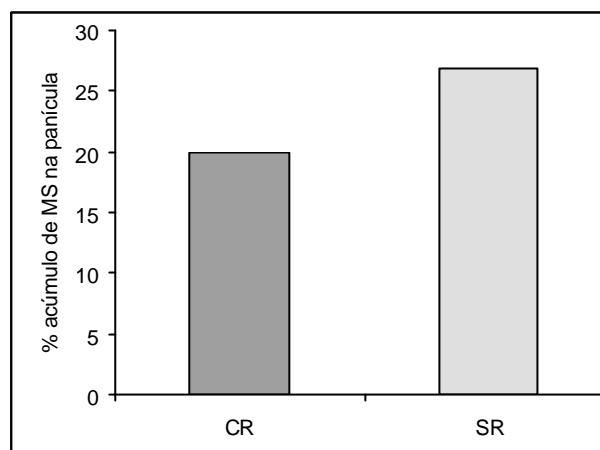


Figura 17. Porcentagem de acúmulo de matéria seca na panícula do cultivar Primavera, com e sem aplicação de reguladores vegetais.

Constatou-se que a participação da panícula foi menor com a aplicação de retardante vegetal (Figura 17), indicando que este produto reduziu a quantidade e tamanho dos drenos.

A diminuição da quantidade de drenos referentes à panícula resultou em um saldo maior de fotoassimilados na planta inteira, o que pode ter ativado as gemas basais levando a planta a perfilhar tardiamente, aumentando assim o número de perfilhos e a formação de novos drenos.

6.2.2 Teor e acúmulo de N-total

Na Tabela 7 estão contidos os teores de N-total obtidos nas estruturas (raiz, c + b, folha e panícula) e planta inteira, com e sem aplicação do regulador.

No c + b e panícula os teores de N-total foram significativamente maiores no tratamento com aplicação de regulador, o que pode ser atribuído ao menor acúmulo de matéria nestas estruturas, aumentando as concentrações de N-total.

Na Tabela 7 verificou-se o acúmulo de N-total na raiz, c + b, folha, panícula e planta inteira, com e sem aplicação de retardante.

Constatou-se diferença significativa entre os tratamentos para raiz, panícula e planta inteira na última época de coleta (MF), onde o tratamento com regulador

promoveu maior acúmulo de N-total na raiz e menor na panícula e na planta inteira.

Na Figura 18 estão representadas as porcentagens de acúmulo de N-total na panícula, com e sem aplicação de reguladores vegetais.

Constatou-se que o acúmulo de N-total foi menor na panícula com a aplicação de biorreguladores. Estes resultados são respaldados pelos de acúmulo de matéria seca e não pelos de teores de N-total na panícula, uma vez que o produto promoveu aumento no teor da panícula (Tabela 7).

Tabela 7. Teor de N-total (g kg^{-1}) na raiz, c + b, folha, panícula e planta do cultivar Primavera, com e sem aplicação de regulador vegetal.

Tratamento	Épocas de coleta ¹			
	Final PERF	DPP	FLORESC	MF
	raiz (g kg^{-1})			
CR	33 a ²	22 a	23 a	23 a
SR	31 a	22 a	23 a	20 a
CV(%)	10,4			
	c + b (g kg^{-1})			
CR	38 a	20 a	17 a	23 a
SR	38 a	18 a	17 a	20 b
CV(%)	10,2			
	folha (g kg^{-1})			
CR	66 a	46 a	41 a	33 a
SR	63 a	44 a	41 a	33 a
CV(%)	2,3			
	panícula (g kg^{-1})			
CR			19 a	26 a
SR			19 a	24 b
CV(%)	6,6			
	teor médio N-total planta (g kg^{-1})			
CR	50 a	29 a	25 a	26 a
SR	47 a	27 a	24 a	24 a
CV(%)	5,8			

¹Final PERF = final do perfilhamento; DPP = diferenciação do primórdio da panícula; FLORESC = florescimento; MF = maturação fisiológica.

²Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste Tukey a 5%.

Tabela 8. Acúmulo de N-total (mg planta^{-1}) na raiz, c + b, folha, panícula e planta pelo cultivar Primavera, com e sem aplicação de regulador vegetal.

Tratamento	Épocas de coleta ¹			
	Final PERF	DPP	FLORESC	MF
	raiz (mg planta^{-1})			
CR	24 a ²	225 a	367 a	504 a
SR	27 a	240 a	336 a	453 b
CV(%)	15,7			
	c + b (mg planta^{-1})			
CR	43 a	353 a	647 a	1316 a
SR	45 a	321 a	667 a	1258 a
CV(%)	9,1			
	folha (mg planta^{-1})			
CR	98 a	667 a	884 a	1033 a
SR	94 a	622 a	877 a	1035 a
CV(%)	9,2			
	panícula (mg planta^{-1})			
CR			86 a	703 b
SR			150 a	1067 a
CV(%)	43,2			
	planta inteira (mg planta^{-1})			
CR	165 a	1245 a	1984 a	3556 b
SR	166 a	1183 a	2030 a	3812 a
CV(%)	12,3			

¹Final PERF = final do perfilhamento; DPP = diferenciação do primórdio da panícula; FLORESC = florescimento; MF = maturação fisiológica.

²Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste Tukey a 5%.

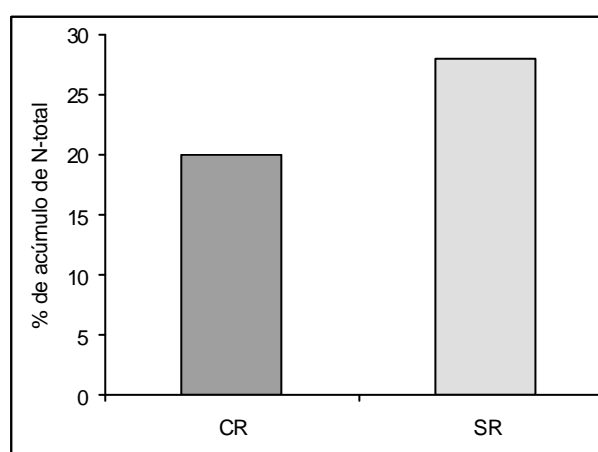


Figura 18. Porcentagem de acúmulo de N-total na panícula do cultivar Primavera, com e sem aplicação de regulador vegetal.

6.2.3 Teor e acúmulo de ^{15}N

Na Tabela 9 estão expressos os teores de ^{15}N nas estruturas (raiz, c + b, folhas e panícula) e na planta inteira, com e sem aplicação de regulador vegetal.

Não foi constatado diferença significativa entre os tratamentos para os teores de ^{15}N nas estruturas e planta inteira.

Tabela 9. Teor de ^{15}N (g kg^{-1}) na raiz, c + b, folha, panícula e planta do cultivar Primavera, com e sem aplicação de regulador vegetal.

Tratamento	Épocas de coleta ¹			
	Final PERF	DPP	FLORESC	MF
	raiz (g kg^{-1})			
CR	0,44 a ²	0,15 a	0,14 a	0,19 a
SR	0,39 a	0,14 a	0,14 a	0,16 a
CV(%)	10,6			
	c + b (g kg^{-1})			
CR	0,55 a	0,15 a	0,11 a	0,18 a
SR	0,53 a	0,14 a	0,11 a	0,15 a
CV(%)	13,5			
	folha (g kg^{-1})			
CR	1,10 a	0,35 a	0,22 a	0,20 a
SR	1,02 a	0,35 a	0,21 a	0,19 a
CV(%)	5,4			
	panícula (g kg^{-1})			
CR			0,12 a	0,19 a
SR			0,13 a	0,18 a
CV(%)	26,4			
	teor médio planta (g kg^{-1})			
CR	0,75 a	0,21 a	0,16 a	0,19 a
SR	0,68 a	0,20 a	0,15 a	0,17 a
CV(%)	8,7			

¹Final PERF = final do perfilhamento; DPP = diferenciação do primórdio da panícula; FLORESC = florescimento; MF = maturação fisiológica.

²Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste Tukey a 5%.

O acúmulo de ^{15}N nas estruturas (raiz, c + b, folhas e panícula) e na planta inteira podem ser observados na Tabela 10.

Constatou-se diferença significativa entre os tratamentos em duas épocas de coletas, florescimento (Floresc) e maturação fisiológica (MF) para raiz, e na última época de coleta (MF) para c + b, folha e panícula. O tratamento com regulador promoveu aumento no acúmulo de ^{15}N na raiz, c + b e folha e redução na panícula. Com a redução dos

drenos da planta (Tabela 6) houve distribuição do ^{15}N -absorvido, aumentando a quantidade de ^{15}N -acumulado nas demais partes da planta (raiz, c + b e folhas).

Tabela 10. Acúmulo de ^{15}N (mg planta^{-1}) na raiz, c + b, folha, panícula e planta pelo cultivar Primavera, com e sem aplicação de regulador vegetal.

Tratamento	Épocas de coleta ¹			
	Final PERF	DPP	FLORESC	MF
	raiz (mg planta^{-1})			
CR	9 a ²	24 a	36 a	86 a
SR	9 a	24 a	28 b	72 b
CV(%)	17,3			
	c + b (mg planta^{-1})			
CR	17 a	52 a	73 a	213 a
SR	17 a	48 a	75 a	189 b
CV(%)	8,5			
	folha (mg planta^{-1})			
CR	48 a	102 a	51 a	94 a
SR	44 a	100 a	47 a	80 b
CV(%)	8,1			
	panícula (mg planta^{-1})			
CR			12 a	111 b
SR			19 a	145 a
CV(%)	49,9			
	planta inteira (mg planta^{-1})			
CR	74 a	178 a	172 a	505 a
SR	70 a	172 a	169 a	487 a
CV(%)	8,6			

¹Final PERF = final do perfilhamento; DPP = diferenciação do primórdio da panícula; FLORESC = florescimento; MF = maturação fisiológica.

²Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste Tukey a 5%.

Na Tabela 11 estão expressos os teores e acúmulo de ^{15}N na panícula, proveniente de quatro estádios diferentes ao longo do ciclo, com e sem aplicação de biorregulador.

Constatou-se diferença significativa entre os tratamentos quanto aos teores e acúmulo de ^{15}N na panícula, proveniente do estádio de florescimento a maturação fisiológica (F – MF). O tratamento com regulador promoveu aumento no teor de ^{15}N na panícula, o que pode ser atribuído ao menor desenvolvimento das mesmas (Tabela 6). A redução no acúmulo de ^{15}N na panícula, foi decorrente da menor quantidade de matéria seca

na panícula, já que o teor de ^{15}N foi maior com a aplicação de regulador. Contudo há necessidade de mais estudos com a aplicação de reguladores e alocação de nitrogênio, pois é possível que com a utilização desses compostos ocorra aumento no teor de proteína nos grãos.

Da quantidade de N-total absorvida durante o período de enchimento de grãos 52% e 61% foi translocado para a panícula no tratamento com e sem regulador vegetal, respectivamente. Malavolta (1978) e Fornasieri Filho e Fornasieri (1993) relataram que depois do florescimento grande parte do nitrogênio e de outros elementos (e carboidratos) são transportados para os grãos em desenvolvimento o qual, no fim do ciclo contém cerca de 60% do nitrogênio total da parte aérea.

Tabela 11. Teor (g kg^{-1}) e acúmulo (mg planta^{-1}) de ^{15}N na panícula, proveniente de quatro estádios diferentes ao longo do ciclo do cultivar Primavera, com e sem aplicação de regulador vegetal.

Tratamento	Estádios em presença de $^{15}\text{N}^1$			
	IP - FP	FP - DP	DP - F	F - MF
	Teor de ^{15}N (g ka^{-1})			
CR	0,12 a ²	0,14 a	0,15 a	0,24 a
SR	0,11 a	0,12 a	0,14 a	0,18 b
CV(%)	11,8			
	Acúmulo de ^{15}N (mg planta^{-1})			
CR	16 a	54 a	95 a	198 b
SR	20 a	57 a	97 a	249 a
CV(%)	13,9			

¹IP - FP = início ao final do perfilhamento; FP - DP = final do perfilhamento a diferenciação do primórdio da panícula; DP - F = diferenciação do primórdio ao florescimento; F - MF = florescimento a maturação fisiológica.

²Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste Tukey a 5%.

6.2.4 Análise de crescimento

Aos valores observados de índice de área foliar (IAF) e massa seca total (MST) em função do tempo (DAE), foram ajustadas equações matemáticas e feitos os testes de significância para as regressões, com programa computacional (ZULLO JÚNIOR; ARRUDA, 1987) (Tabela 12).

Os ajustes, para os tratamentos, foram todos significativos quanto às variáveis mencionadas em função do tempo ($P < 0,05$).

Tabela 12. Regressões da matéria seca total (MST) e índice de área foliar (IAF) em função do tempo (dias após a emergência), com (CR) e sem (SR) aplicação de regulador de crescimento, e os respectivos coeficientes de determinação (R), valores de F e níveis de significância dos ajustes.

Variável	Tratamento	Modelo logístico	R	F	P
MST	CR	$Y = 135/(1+(1409,14)*\exp(-9,009*10^{-2}*X))$	0,98	49,75	<0,05
MST	SR	$Y = 155/(1+(2628,46)*\exp(-9,80*10^{-2}*X))$	0,98	47,84	<0,05
Modelo exponencial quadrático					
IAF	CR	$Y = 2,75*10^{-2}*\exp(0,15X)+(-7,33*10^{-4})X^2$	0,96	6,18	<0,05
IAF	SR	$Y = 0,03*\exp(0,146X)+(-7,15*10^{-4})X^2$	0,96	6,2	<0,05

6.2.4.1 Taxa de crescimento relativo (TCR)

Na Figura 19 está apresentada a tendência de variação da taxa de crescimento relativo, $g\ g^{-1}\ dia^{-1}$, em função da aplicação dos DAE, com e sem aplicação de regulador de crescimento.

De acordo com Benincasa (1988) a TCR reflete o aumento da matéria seca da planta ou qualquer órgão desta, num intervalo de tempo, sendo função do tamanho inicial, ou seja, do material preexistente.

Constatou-se diminuição constante da TCR com o avanço dos dias após emergência (DAE), em função da planta encontrar-se em fase de senescência, com queda de morte de folhas. O tratamento sem regulador inicialmente apresentou maiores valores de TCR, apresentando no final do ciclo decréscimo semelhante ao tratamento com regulador.

A tendência de diminuição da taxa de crescimento relativo com a idade da planta está de acordo com as observações de vários autores, trabalhando com plantas diferentes. Em soja, Rodrigues (1982); Boaro (1986), em feijão; Alvarez (1999), em amendoim; Stone et al.(1988) e Oliveira (1995), em arroz.

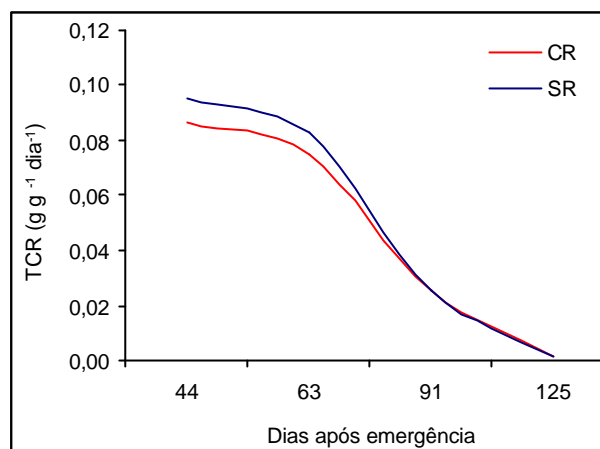


Figura 19. Taxa de crescimento ($\text{g g}^{-1} \text{dia}^{-1}$) para o cultivar Primavera, em relação aos dias após emergência, com e sem aplicação de regulador vegetal.

6.2.4.2 Taxa assimilatória líquida (TAL)

Os resultados referentes à taxa assimilatória líquida, $\text{g dm}^{-2} \text{dia}^{-1}$, para o cultivar Primavera, com e sem aplicação de regulador vegetal, podem ser observados na Figura 20.

A taxa assimilatória líquida reflete a eficiência do sistema assimilador envolvido na produção de massa seca, estimando a fotossíntese líquida (BOARO, 1986).

Foi verificado decréscimo da TAL, a partir dos 63 DAE, para ambos os tratamentos, sendo uma queda mais acentuada observada pelo tratamento com regulador. Deste modo, observou-se que ocorreram decréscimos na taxa assimilatória líquida na fase final da vida da planta, em função desta se encontrar em fase de senescência com queda e morte de folhas. Estes resultados estão de acordo com os relatos da literatura como verificaram Rodrigues (1982), em soja e Alvarez (1999), em amendoim.

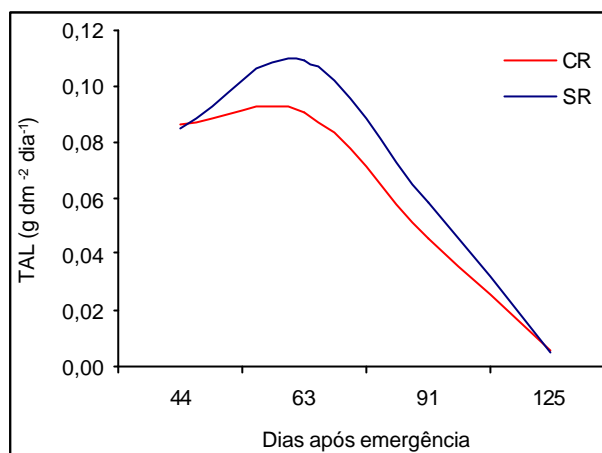


Figura 20. Taxa assimilatória líquida ($\text{g dm}^{-2} \text{dia}^{-1}$) para o cultivar Primavera, em relação aos dias após emergência, com e sem aplicação de regulador vegetal.

6.2.4.3 Razão de área foliar (RAF)

Os resultados obtidos para razão de área foliar, em função dos dias após emergência (DAE) para o cultivar Primavera, com e sem aplicação de biorregulador podem ser observados na Figura 24.

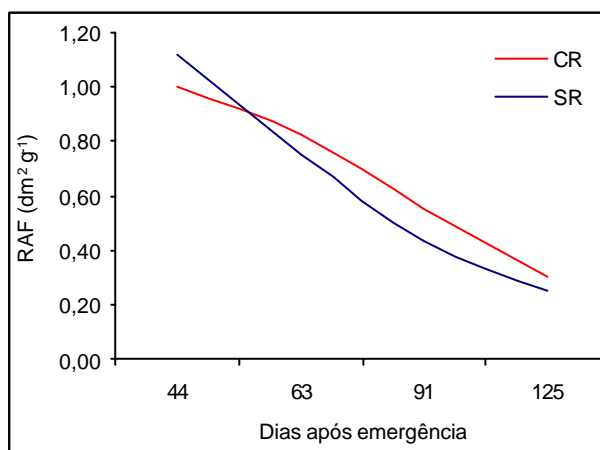


Figura 21. Razão de área foliar ($\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$) para o cultivar Primavera, em relação aos dias após emergência, com e sem aplicação de regulador vegetal.

A RAF representa a dimensão relativa do aparelho fotossintético, sendo bastante apropriada à avaliação dos efeitos genotípicos, climáticos e de comunidades vegetais (RODRIGUES, 1982). Este índice fisiológico expressa, também a área foliar útil para

a fotossíntese, sendo componente morfofisiológico da análise de crescimento (BENINCASA, 1988).

A tendência geral da RAF é de queda à medida que a planta cresce, o que é compreensível, pois com o crescimento, a tendência é a área foliar útil diminuir a partir de certa fase. Neste experimento, independente do tratamento, esta queda ocorreu a partir dos 44 DAE, tendo o tratamento sem regulador apresentado maior valor no início e menor no final do ciclo.

6.2.5 Características de importância agrônômica

Os resultados obtidos com relação à altura da planta, número de colmos e panícula por planta, fertilidade de colmos, número de espiguetas por panícula (total, granada e chocha), fertilidade de espiguetas, massa de 100 grãos e produção de grãos podem ser observados na Tabela 13.

A aplicação de retardante vegetal reduziu significativamente a altura da planta em 34 cm. Esse efeito pode ser explicado pelo modo de ação do dhl-trinexapac que age a nível de metabolismo de síntese de giberelinas, hormônio que entre outras funções promovem o alongamento celular (DAVIES, 1995). Esse produto, atua na síntese de giberelinas, a partir do GA_{12} -aldeído, inibindo a partir deste a síntese de giberelinas de alta eficiência biológica, como GA_9 , GA_{20} , etc. Desta forma, em função de sua ação, as plantas têm dificuldade de formação dessas giberelinas ativas e passam a sintetizar e acumular giberelinas biologicamente menos eficientes como GA_8 , GA_{19} , etc., o que leva, na prática, à drástica redução no alongamento celular (crescimento), sem causar deformação morfológica no caule (NAQVI, 1994; TAIZ; ZEIGER, 1991, 1998). Além disso, esse resultado expressivo é decorrente também da época de aplicação do produto que foi no momento da diferenciação do primórdio, atuando diretamente no estágio de alongamento do colmo (FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 1993).

A fertilidade de colmos foi significativamente reduzida com a aplicação do regulador, que provavelmente interferiu na diferenciação de algumas gemas vegetativas em reprodutivas e pode ter provocado degeneração do primórdio da panícula. Como a redução na fertilidade de colmos foi mais expressiva que o aumento no número de

Tabela 13. Altura da planta, número de colmos e panícula por planta, fertilidade de colmos, número de espiguetas: total, granada e chocha, fertilidade de espiguetas, massa de 1000 grãos e produção de grãos por planta, com e sem aplicação de regulador vegetal, cultivar Primavera.

Tratamento	Altura da planta (cm)	Colmos -----n°. planta ⁻¹ -----	Panícula	Fertilidade dos colmos (%)	Espiguetas por panícula			Fertilidade de espiguetas (%)	Massa de 1000 grãos (g)	Produção de grãos (g planta ⁻¹)
					Total	Granada	Chocha			
					-----n°.-----					
CR	102 b	53 a	31 b	58 b	203 b	76 b	127 a	37 b	23,9 a	32 b
SR	136 a	52 b	33 a	64 a	231 a	98 a	133 a	42 a	23,9 a	43 a
Valores de F										
Tratamento	220,45 **	4,91 *	20,73 **	120,18 **	637,09 **	225,61 **	1,73 ns	22,12 **	0,0005 ns	23,70 **
CV (%)	4,68	3,51	3,94	2,32	1,56	4,07	8,61	4,77	4,80	15,70

colmos proporcionados pela aplicação do regulador, o número de panículas foi significativamente reduzido com o emprego do ethyl-trinexapac. Machado (1994) relatou que condições externas adversas durante a diferenciação e o desenvolvimento da panícula podem provocar degenerações, respectivamente, do primórdio ou da panícula jovem.

O regulador vegetal aumentou o número de colmos, devido à diminuição no número de espiguetas por panícula, o que resultou em um saldo maior de fotoassimilados na planta inteira, que pode ter ativado as gemas basais levando a planta a perfilhar tardiamente, aumentando assim, o número de perfilhos.

O número de espiguetas total por panícula foi significativamente reduzido com a aplicação do regulador, que provavelmente interferiu nos processos de formação das ramificações das ráquis e espiguetas por ramificações, reduzindo o número destas estruturas.

O número de espiguetas granadas foi significativamente reduzido com a aplicação do regulador, o que provavelmente interferiu nos processos de formação de flores (estames e ovário) e na meiose (formação de gametas masculino e feminino), tendo como consequência menor número de espiguetas cheias.

Não foi constatada diferença significativa entre os tratamentos quanto à massa de 1000 grãos. A massa do grão é um caráter varietal estável, que depende do tamanho da casca determinado durante as duas semanas que antecedem a antese e do desenvolvimento da cariopse após o florescimento. Portanto depende da translocação de carboidratos, nos primeiros sete dias, para preencher a casca no sentido de seu comprimento, e nos sete dias posteriores, na largura e espessura (MACHADO, 1994). Este componente é pouco influenciado por fatores de ordem climática e nutricional.

A produção de grãos de um dado cultivar de arroz é determinada por quatro componentes: 1) número de panículas por metro quadrado, 2) número de espiguetas por panícula, 3) porcentagem de espiguetas férteis e 4) massa de 1000 grãos (FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 1993).

Em função dos resultados dos componentes da produção a menor produção de grãos foi obtida pelo tratamento com regulador em razão da interferência deste causando diminuição do número de panículas por planta, do número de espiguetas total por panícula e fertilidade de espiguetas.

6.2.6 Trocas gasosas

Nas Figuras 22, 23 e 24 são apresentados os resultados de trocas gasosas compostos da taxa de assimilação líquida de CO₂ (A), da condutância estomática (g_s) e da taxa de transpiração (E) do cultivar Primavera durante o ciclo, com e sem aplicação de regulador vegetal.

Verificou-se que o ethyl-trinexapac não influenciou os índices de trocas gasosas, quando aplicado no estágio de diferenciação do primórdio da panícula. Menores valores da taxa de assimilação de CO₂, condutância estomática e transpiração foram observados a partir dos 49 dias após emergência quando a planta estava iniciando a fase reprodutiva.

Cabe ressaltar que a ação do ethyl-trinexapac está associada à inibição do metabolismo de síntese de giberelinas e estas têm como um dos mecanismos de ação o aumento do número e comprimento de células, afetando o crescimento, principalmente do caule (BENINCASA e LEITE, 2002). A possível interferência desta substância nos índices de trocas gasosas poderia estar associada à redução do tamanho de células e ou da área foliar.

Nas condições em que foi realizado o presente experimento constatou-se que o ethyl-trinexapac não interferiu na massa seca de folhas e c + b (Tabela 6), apesar de ter reduzido a altura da planta em 0,34 m, sendo a massa seca destas estruturas compensadas pelo maior perfilhamento das plantas tratadas com o regulador (Tabela 13).

Apesar de não ter sido constatado diferença entre os tratamentos quanto aos índices de trocas gasosas, o tratamento com regulador resultou em menor produção de grãos por planta, o que respalda a interferência deste produto nos processos iniciais de formação da panícula, tendo acarretado o surgimento de panículas menores, com menor número de espiguetas, resultando menor produção (Tabela 13).

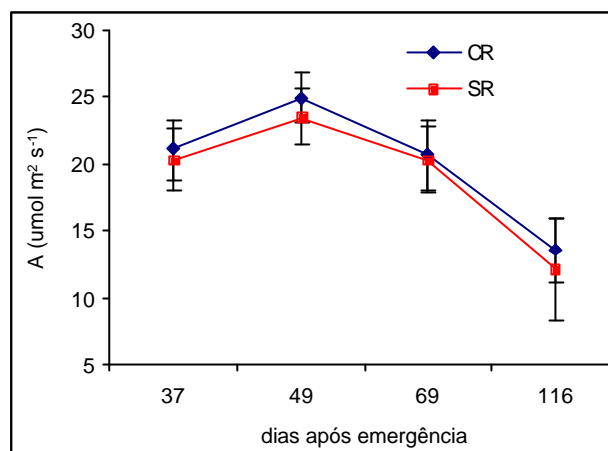


Figura 22. Taxa de assimilação líquida de CO₂ (A) durante o ciclo do cultivar Primavera, com e sem aplicação de regulador vegetal. Cada ponto corresponde à média de doze repetições e as barras transversais correspondem ao desvio padrão.

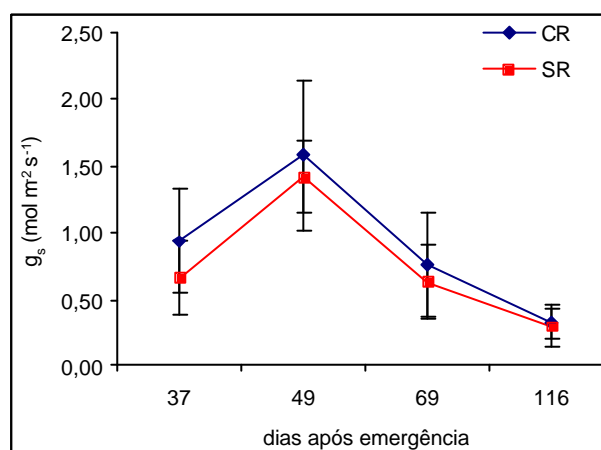


Figura 23. Condutância estomática (g_s) durante o ciclo do cultivar Primavera, com e sem aplicação de regulador vegetal. Cada ponto corresponde à média de doze repetições e as barras transversais correspondem ao desvio padrão.

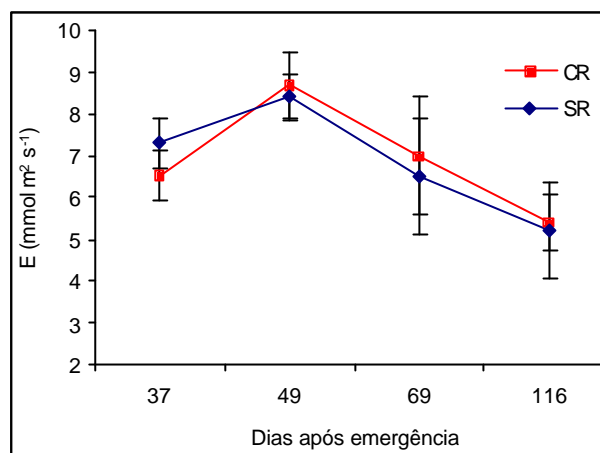


Figura 24. Taxa de transpiração de folhas (E) durante o ciclo do cultivar Primavera, com e sem aplicação de regulador vegetal. Cada ponto corresponde à média de doze repetições e as barras transversais correspondem ao desvio padrão.

7 CONCLUSÕES

O cultivar Primavera apresentou maior índice de colheita (0,5) e maior número de espiguetas por panícula, o que resultou em maior incremento do potencial produtivo de grãos.

Os cultivares Caiapó e Primavera apresentaram maior aproveitamento de nitrogênio, em relação ao Maravilha.

O ethyl-trinexapac reduziu a altura da planta em 34 cm e influenciou negativamente os componentes da produção e produtividade de grãos.

Este experimento trata-se do primeiro caso relatado com relação à aplicação de reguladores vegetais na cultura de arroz de terras altas irrigado por aspersão visando reduzir a altura da planta e abre caminho para novas pesquisas utilizando biorreguladores.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS^{*2}

AGUIAR NETTO, A. B. **Crescimento e produtividade da cultura da Batata (*Solanum tuberosum*), cultivar Aracy, submetida a diferentes lâminas de irrigação.** Botucatu, 1997. 88 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, 1997.

ALVAREZ, A. C. C.; ARF, O.; PEREIRA, J. C. R.; BUZETTI, S. Comportamento de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado por aspersão em função da aplicação de diferentes doses de nitrogênio em cobertura. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 1., REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7., Florianópolis, 2002. **Anais...** Florianópolis: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 526-529.

ALVAREZ, R. C. F. **Comparação de dois cultivares de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) através da análise de crescimento.** Botucatu, 1999. 118 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, 1999.

ARF, O. **Efeitos de densidades populacionais e adubação nitrogenada sobre o comportamento de cultivares de arroz irrigado por aspersão.** Ilha Solteira, 1993. 63 p. Tese (Livro Docência) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, 1993.

² Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT – NBR-6023 – Informação e Documentação – Referências - Elaboração atualizada. Rio de Janeiro, 2002. 24 p.

ARF, O. **Influência da época de semeadura no comportamento de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado por aspersão na região de Selvíria (MS)**. Ilha Solteira, 1997. 67p. (Relatório de Pesquisa).

ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F.; CRUSCIOL, C. A. C.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S. Manejo do solo e adubação nitrogenada em cobertura no comportamento de cultivares de arroz de terras altas irrigado por aspersão. I. Características agrônômicas. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 1., REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7., Florianópolis, 2002. **Anais...** Florianópolis: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 376-379.

ARTECA, R. N. **Plant growth substances: principles and applications**. New York: Chapman & Hall, 1995. 332 p.

ATHAYDE, M. L. F.; LAMAS, F. M. Aplicação seqüencial de cloreto de mepiquat em algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 3, p. 369-375, mar. 1999.
BARBOSA FILHO, M. P. **Nutrição e adubação do arroz (sequeiro e irrigado)**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. 129 p. (Boletim Técnico, 9).

BARBOSA, L. M.; CASTRO, P. R. C. Alguns efeitos de reguladores de crescimento na morfologia do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. cv. IAC 17). **Hoehnea**, v. 11, p. 59-65, 1984.

BARBOSA, L. M.; CASTRO, P. R. C. Desenvolvimento e produtividade de algodoeiros sob efeito de reguladores vegetais. **Anais da Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz'**, Piracicaba, v. 40, n. 1, p. 33-86, 1983.

BARRIE, A.; PROSSER, S. J. Automated analysis of light-element stable isotopes by isotope by ratio mass spectrometry. In: BOUTTON, T. W.; YAMASAKI, S. (Eds.). **Mass spectrometry of soils**. New York: Marcel Dekker, 1996. p. 1-46.

BASTOS, J. C. H. A. G.; ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F.; BUZETTI, S.; SÁ, M. E.; SOUZA, D. V.; AGUIAR, E. C.; COSTA, F. J. Preparo do solo, plantio direto e época de aplicação de nitrogênio no desenvolvimento e produção do arroz de terras altas. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 1., REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7., Florianópolis, 2002. **Anais...** Florianópolis: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 394-397.

BELTRÃO, N. E. M.; SOUZA, J. G.; SANTOS, J.W. Modificações verificadas no algodoeiro herbáceo super-precoce, BRS 186 precoce 3, em função de dosagens e épocas de aplicação do cloreto de mepiquat (modulador de crescimento). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 3., Campo Grande, 2001. **Anais...** Campo Grande, 2001. 1 CD-ROM.

BENINCASA, M. M. P.; LEITE, I. C. **Fisiologia vegetal**. Jaboticabal:FUNEP, 2002. 168 p.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 42 p.

BOARO, C. S. F. **Influência da variação dos níveis de magnésio sobre o desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Carioca), em cultivo hidropônico**. Botucatu, 1986. 163 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 1986.

BRESEGHELLO, F., CASTRO, E. M., MORAIS, O. P. Cultivares de arroz. In: BRESEGHELLO, F. STONE, L. F. **Tecnologia para arroz de terras altas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1998, p. 41-53.

BRESEGHELLO, F. Semeadura do arroz. In: BRESEGHELLO, F. STONE, L. F. **Tecnologia para arroz de terras altas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1998, p. 55-58.

BRIGGS, G. E., KIDD, F., WEST, C. A. Quantitative analysis of plant growth. Part I. **Ann. Appl. Biol.**, v. 7, n. 1, p. 102-23, 1920a.

BRIGGS, G. E., KIDD, F., WEST, C. A quantitative analysis of plant growth. Part II. **Ann. Appl. Biol.**, v. 7, n. 2/3, p. 202-23, 1920b.

CAMPELO JÚNIOR, J. O. **Avaliação da capacidade de extração de água do solo pelo arroz de sequeiro (*Oryza sativa* L.) sob diferentes doses de nitrogênio**. Piracicaba, 1985. 127 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 1985.

CARVALHO, L. H.; CHIAVEGATO, E. J. CIA, E.; KONDO, J. I.; SABINO, J. C., PITTINELLI JUNIOR, A.; BORTOLETTO, N.; GALLO, P. B. Fitorreguladores decrescimento e capação na cultura algodoeira. **Bragantia**, Campinas, v. 53, n. 2, p. 247-254, 1994.

CATHEY, G. W.; MEREDITH JUNIOR, W. R. Cotton response to planting date and mepiquat chloride. **Agronomy Journal**, Madison, v. 80, p. 463-466, mai.-jun. 1988.

COSTA, A. M.; ESTEVES, J. A. F.; CRUSCIOL, C. A. C. Produtividade do arroz de sequeiro em função da adubação nitrogenada em sistema de plantio direto. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 1., REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7., Florianópolis, 2002. **Anais...** Florianópolis: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 591-593.

COWAN, I. R. Regulation of water use in relation to carbon gain in higher plants. In: LANGE, O. L., NOBEL, P. S., OSMOND, C. B., ZIEGLER, H. (eds.) **Physiological plant ecology. II.** Water relations and carbon assimilation. Berlin, Springer-Verlag, v. 12, p. 589-613, 1982. (Encyclopedia of plant physiology).

COWAN, I. R., TROUGHTON, J. H. The relative role of stomata in transpiration and assimilation. **Planta**, Berlin, n. 97, p. 325-336, 1971.

CRUSCIOL, C. A. C. **Efeitos de lâminas de água e da adubação mineral em dois cultivares de arroz de sequeiro sob irrigação por aspersão.** Botucatu, 1998. 129 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 1998.

CRUSCIOL, C. A. C. **Espaçamento e densidade de semeadura do arroz, cv. IAC 201, sob condições de sequeiro e irrigado por aspersão.** Botucatu, 1995, 104 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 1995.

CRUSCIOL, C. A. C., MACHADO, J. R., ARF, O., RODRIGUES, R. A. F. Desenvolvimento das plantas de arroz irrigado por aspersão em função do manejo da água. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22, 1997b, Balneário Camboriú. **Anais...** Balneário Camboriú, 1997b, p. 262-264.

CUNHA, A. R.; KLOSOWSKI, E. S.; GALVANI, E.; ESCOBEDO, J. F.; MARTINS, D. Classificação climática para o município de Botucatu, SP, segundo Köppen. In: SIMPÓSIO EM ENERGIA NA AGRICULTURA, 1., 1999, Botucatu. **Anais...** Botucatu, 1999. p. 487-490.
DAVIES, P. J. **Plant hormones physiology biochemistry and molecular biology.** 2ed. Netherlands: Klumer Academic Publishes, 1995. 823 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de arroz e feijão. **Informações sobre cultivares de arroz indicadas para o cultivo em terras altas**. Santo Antônio de Goiás, 2000. “não pag.” (Arroz de terras altas: qualidade e rentabilidade).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPQ, 1999. 412 p.

FAGERIA, N. K. Época de aplicação de nitrogênio em arroz de terras altas. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 6., Goiânia, 1998. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA - CNPAF, 1998. p. 96-98.

FAGERIA, N. K., WILCOX, G. E. Influência de nitrogênio e fósforo no crescimento do arroz. **Lavoura Arrozeira**, n. 30, p. 24-8, 1977.

FAGERIA, N. K.; SANT'ANA, E. P.; CASTRO, E. M.; MORAES, O. P. Resposta diferencial de genótipos de arroz de sequeiro à fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, p. 261-267, 1995a.

FAGERIA, N. K.; SANT'ANA, E. P.; MORAIS, O. P. Resposta de genótipos de arroz de sequeiro favorecido à fertilidade do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 9, p. 1155-1161, 1995b.

FERRAZ, E.C. Ecofisiologia do Arroz. In: CASTRO, P.R.C., FERREIRA, S.O., YAMADA, T. **Ecofisiologia da produção Agrícola**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p.185-202, 1987.

FARINELLI, R.; FORNASIERI FILHO, D.; PENARIOL, F. G.; BORDIN, L.; LEMOS, L. B. Influência da adubação nitrogenada e potássica nos componentes de produção de arroz de terras altas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., Ribeirão Preto: UNESP, 2003. **Anais...** Ribeirão Preto, 2003. 1 CD-ROM.

FARQUHAR, G. D., SHARKEY, T.D. Stomatal conductance and photosynthesis. **Annual Review of Plant Physiology**, Boca Raton, v. 33, p. 317-345, 1982.

FERRAZ, E. C. Fisiologia do arroz de sequeiro. In: FERREIRA, M. E.; YAMADA, T.; MALAVOLTA, E. (eds.). **Cultura do arroz de sequeiro: fatores afetando a produtividade**. Piracicaba: Instituto da Potassa e do Fosfato, 1983. p. 77-94.

FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J. L. **Manual da cultura do arroz**. Jaboticabal: FUNEP, 1993. 221 p.

FURLANI, A. M. C.; FURLANI, P. R. **Composição e pH de soluções nutritivas para estudos fisiológicos e seleção de plantas em condições nutricionais adversas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1988. 34 p. (Boletim Técnico, 121).

GIFFORD, R. M.; THORNE, J. H.; HITZ, W. D.; GIAQUINTA, R. T. Crop productivity and photoassimilate partitioning. **Science**, v. 223, p. 801-808, 1984.

HODGES, H. F.; REDDY, V. R.; REDDY, K. R. Mepiquat chloride and temperature effects on photosynthesis and respiration of fruiting cotton. **Crop Science**, v. 31, p. 1302-1308, set-out. 1991.

KUNZ, J. H.; CARLESSO, R.; DA ROSA, G. M.; GARCIA, C. G., PETRY, M. T.; MELO, G. L. Adubação nitrogenada do arroz de sequeiro irrigado por aspersão no RS. In: FERTBIO 2002. Rio de Janeiro, 2002. **Anais...** Rio de Janeiro: CPGA-CS/UFRJ, 2002. 1 CD-ROM.

KVET, J., ONDOCK, J. P., NECAS, J., JAVIS, P. G. Methods of growth analysis. In: SESTAK, Z., CATSKY, J., JARVIS, P. G. (eds.). **Plant photosynthetic production: manual of methods**. The Hague: W. Junk, 1971. p. 343-91.

LACA-BUENDIA, J. Efeito de doses de reguladores de crescimento no algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.). **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília, v. 1, n. 1, p. 109-113, 1989.

LAMAS, F. M. ; ATHAYDE, M. L.; BANZATTO, D. A. Reações do algodoeiro CNPTA-ITA 90 ao cloreto de mepiquat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 5, p. 507-516, mar. 2000.

LAMAS, F. M. Reguladores de crescimento na cultura do algodoeiro: comparação entre produtos e formas de fracionamento de doses. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 3., Campo Grande, 2001. **Anais...** Campo Grande, 2001. 1 CD-ROM.

LUCCHESI, A. A. Utilização prática da análise de crescimento vegetal. **Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz"**, v. 41, p. 181-201, 1984.

MACHADO, E. C.; SILVEIRA, J. A. G., BASTOS, C. R. Trocas de CO₂, acúmulo de fitomassa e remobilização de reservas durante o crescimento de panículas de duas cultivares de arroz. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, n. 2, p. 63-70, 1990.

MACHADO, E. C.; LAGÔA, A. M. M. A.; TICELLI, M.; AZZINI, L. E.; TISSELLI FILHO, O. Fotossíntese e crescimento de panículas em arroz de sequeiro (*Oryza sativa* L. cv. IAC 165). **Revista Brasileira de Botânica**, n. 17, p. 37-43, 1994.

MACHADO, E. C., LAGÔA, A. M. M. A. trocas gasosas e condutância estomática em três espécies de gramíneas. **Bragantia**, Campinas, n. 32, p. 141-149, 1994.

MACHADO, J. R. **Desenvolvimento da planta e produtividade de grãos de populações de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado por inundação em função de épocas de cultivo**. Botucatu, 1994. 237 p. Tese (Livre docência) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 1994.

MACHADO, E. C., LAGÔA, A. M. M. A.; AZZINI, L. E.; TISSELLI FILHO, O. Trocas gasosas e relações hídricas em dois cultivares de arroz de sequeiro submetidos à deficiência hídrica, em diferentes fases do crescimento reprodutivo. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, n. 8, p. 139-147, 1996.

MAE, T. Partitioning and utilization of nitrogen in rice plants. **JARQ**, Japão, v. 20, n. 2, p. 115-120, 1986.

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

MAGALHÃES, A. C. N. Análise quantitativa de crescimento. In: FERRI, M. G. **Fisiologia Vegetal**. São Paulo: EDUSP, v. 1, 1986. p. 331-350.

MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral e adubação do arroz de sequeiro**. São Paulo: Ultrafertil, 1978. 36 p.

MALAVOLTA, E.; FORNASIERI FILHO, D. Nutrição mineral da cultura do arroz. In: FERREIRA, M.E.; YAMADA, T.; MALAVOLTA, E. (eds.). **Cultura do arroz de sequeiro: fatores afetando a produtividade**. Piracicaba: Instituto da Potassa e do Fosfato, 1983. p. 95-140.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2 ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MICHELON, J. C.; CARLESSO, R.; PETRY, M. T.; FIORIN, T. T.; DE BONA, F. D.; MELO, G. L.; KUNZ, J. H. Influência da adubação nitrogenada no rendimento e componentes do rendimento do arroz de sequeiro irrigado por aspersão no RS. In: FERTBIO 2002. Rio de Janeiro, 2002. **Anais...** Rio de Janeiro: CPGA-CS/UFRJ, 2002. 1 CD-ROM.

NAQVI, S. S. M. Plant growth hormones: growth promotors and inhibitors. In: PESSARAKLI, M. **Handbook of plant and crop physiology**. New York: Marcel Dekker, p. 527-56, 1994.

NORMAN, R. J.; GUINDO, D.; WELLS, B. R.; WILSON Jr., C. E. Seasonal accumulation and partitioning of nitrogen-15 in rice. **Soil Science Society of America Journal**, v. 56, p. 1521-1527, set.-out. 1992.

OLIVEIRA, C. M. M. **Desenvolvimento e produtividade da cultura do arroz irrigado por aspersão sob diferentes umidades do solo e doses de nitrogênio**. Botucatu, 1995. 113 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, 1995.

OLIVEIRA, G. S. **Efeito dos espaçamentos e densidades de semeadura sobre o desenvolvimento de cultivares de arroz de sequeiro irrigados por aspersão**. Ilha Solteira, 1997. 62 p. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, 1997.

PAN, R. C.; ZHENG, S. C.; MO, S. G. Influence of paclobutrazol on mineral element content of rice seedlings. **Journal of Plant Nutrition**, v. 14, n. 1, p. 1-6, 1991.

PEREIRA, A. R., MACHADO, E. C. Análise quantitativa de crescimento de comunidades vegetais. **Bol. Téc. Inst. Agron.**, Campinas, n. 114, p. 1-33, 1987.

PORTES, T. A.; CARVALHO, S. I. C.; OLIVEIRA, I. P.; KLUTHCOUSKI, J. Análise do crescimento de uma cultivar de braquiária em cultivo solteiro e consorciado com cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 7, p. 1349-1358, jul. 2000.

PORTES, T. A.; CASTRO JÚNIOR, L. G. Análise de crescimento de plantas: um programa computacional auxiliar. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 3, n. 1, p. 53-56, 1991.

PRABHU, A. S., FILIPPI, M. C., ZIMMERMANN, F. J. P. Genetic control of blast in relation to nitrogen fertilization in upland rice. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 5, p. 339-347, 1996.

RADEMACHER, W. Growth retardants: effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. **Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.**, Germany, v. 51, p. 501-531, 2000.

RADFORD, P. J. Growth analysis formulae-their use and abuse. **Crop Science**, v. 7, n. 3, p. 171-5, 1967.

RAIJ, B. van, CANTARELA, H., QUAGGIO, J. A., FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas, Instituto Agrônomo e Fundação IAC, 1996. 285 p. (Boletim técnico, 100).

RASCHKE, K. Movements using turgor mechanisms. In: HAUPT, W., FEINLEIB, M. E. (eds.). **Physiology of movements**. Berlin, Springer-Verlag, v. 7, p. 383-441. (Encyclopedia of plant physiology).

REDDY, A. R. REDDY, K. R.; HODGES, H. F. Mepiquat chloride (Pix)-induced changes in photosynthesis and growth of cotton. **Plant Growth Regulation**, v. 20, p. 179-183, 1996.

REDDY, V. R.; BAKER, D. N.; HODGES, H. F. Temperature and mepiquat chloride effects on cotton canopy architecture. **Agronomy Journal**, Madison, v. 82, n. 2, p. 190-195, 1990.

REDDY, V. R.; TRENT, A., ACOCK, B. Mepiquat chloride and irrigation versus cotton growth and development. **Agronomy Journal**, Madison, v. 84, n. 6, p. 930-933, 1992.

RESENDE, P. A. P.; SOARES, J. E., HUDETZ, M. Moddus, a plant growth regulator and management tool for sugarcane production in Brasil. **Int. Sugar. Jnl.**, v. 103, n. 1225, p. 2-6, 2001.

RODRIGUES, S. D. **Análise de crescimento de plantas de soja (*Glycine max (L.) Merril*) submetidas a carências nutricionais**. Rio Claro, 1982. 180 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) - Instituto de Biociências de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, 1982.

ROSSETTO, C. A. V.; NAKAGAWA, J. Índices da análise de crescimento em função das condições de cultivo de aveia preta. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 76, n. 2, 2001.

SALYSBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Plant Physiology**. 4 ed. California: Wadsworth Publishing Company, 1992. 682 p.

SANKHLA, N.; DAVIS, T. D.; UPADHYAYA, A.; SANKHLA, D.; WALSER, R. H.; SMITH, B. N. Growth and metabolism of soybean as affected by paclobutrazol. **Plant Cell Physiol.**, v. 26, n. 5, p. 913-921, 1985.

SANTOS, A. B., PRABHU, A. S., AQUINO, A. S., AQUINO, A. R. L., CARVALHO, J. R. P. Épocas, modos de aplicação e níveis de nitrogênio sobre brusone e produção de arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 7, p. 697-707, 1986.

SOARES, A. A.; REIS, M. S.; SOARES, P. C. Caiapó, nova opção de arroz de sequeiro para minas gerais. **Revista Ceres**, v. 40, p. 513-517, 1993.

SOARES, A. A.; CARVALHO, J. G.; CARVALHO, G. J.; FONSECA, J. R.; OLIVEIRA, P. S. R. Diferenças varietais na absorção, translocação e exportação de nitrogênio em arroz (*Oryza sativa* L.) de sequeiro. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 18, n. 3, p. 248-257, jul.-set. 1994.

SOARES, J. J. Fitorreguladores e remoção da gema apical no desenvolvimento do algodoeiro. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 56, n. 3, p. 627-630, jul.-set. 1999.

SOUSA, H. U.; PEREIRA, J. A. Níveis de nitrogênio e potássio em arroz de terras altas no cerrado do meio norte do Brasil. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 1., REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7., Florianópolis, 2002. **Anais...** Florianópolis: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 581-584.

SOUZA, J. G.; BELTRÃO, N. E. M.; SANTOS, J. W. Mudanças fisiológicas e bioquímicas no algodoeiro herbáceo causadas pelo cloreto de mepiquat (dosagens) em condições normais, e de estresse hídrico (deficiência e excesso). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 3., Campo Grande, 2001. **Anais...** Campo Grande, 2001. 1 CD-ROM.

SOUZA, S. R.; STARK, E. M.L. M.; FERNANDES, M. S. Nitrogen remobilization during the reproductive period in two Brazilian rice varieties. **Journal of Plant Nutrition**, v. 21, n. 10, p. 2049-2063, 1998.

SOUZA, S. R.; STARK, E. M. L. M.; FERNANDES, M. S. **Enzimas de assimilação de nitrogênio em plantas**. Rio de Janeiro: UFRRJ, 2002. 54 p.

STONE, L. F.; PORTES, T. A.; MOREIRA, J. A. A. Efeitos da tensão de água do solo sob a produtividade e crescimento do feijoeiro. II. Crescimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 23, p. 503-510, 1988.

STONE, L. F.; PEREIRA, A. L. Sucessão arroz-feijão irrigado por aspersão: Efeitos do espaçamento entrelinhas, adubação e cultivar na produtividade e nutrição do arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 11, p. 1701-1713, 1994b.

STONE, L. F., OLIVEIRA, A. B., STEINMETZ, S. Deficiência hídrica e resposta de cultivares de arroz de sequeiro ao nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 14, n. 3, p. 295-301, 1979.

STONE, L. F.; LIBARDI, P. L.; REICHARDT, K. Deficiência hídrica, vermiculita e cultivares. II. Efeito na utilização do nitrogênio pelo arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 11, p. 1403-1416, 1984.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M.; MOREIRA, J. A. A.; YOKOYAMA, L. P. Adubação nitrogenada em arroz sob irrigação suplementar por aspersão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 6, p. 927-932, jun. 1999.

STONE, L. F.; SILVA, J. G. Resposta do arroz de sequeiro à profundidade de aração, adubação nitrogenada e condições hídricas do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 6, p. 891-897, jun. 1998.

STREET, J. E.; JORDAN, J. H.; EBELHAR, M. W.; BOYKIN, D. L. Plant height and yield responses of rice to paclobutrazol. **Agronomy Journal**, Madison, v. 78, p. 288-291, mar.-abr. 1986.

SUET, T. M.; ORDÓÑEZ, G. P.; SANTOS, J.; LEÃO, C. E. Altura final e produtividade do algodoeiro herbáceo sob diferentes doses de regulador de crescimento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 4., Goiânia, 2003. **Anais...** Goiânia, 2003. 1 CD-ROM.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. 1ed. Sunderland: Sinauer Associates, 1991. 559 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. 2ed. Sunderland: Sinauer Associates, 1998. 792 p.

TAKEDA, T. Studies of the photosynthesis and production of dry matter in the community of rice plants. **Jap. J. Botany**, n. 17, p. 403-407, 1961.

WADA, G.; SHOJI, S.; MAE, T. Relationship between nitrogen absorption and growth and yield of rice plants. **JARQ**, Japão, v. 20, n. 2, p. 135-145, 1986.

WALLACE, T. P.; SNIPES, C. E.; WHITE, B. W. Effects of single-multiple applications of mepiquat chloride on Mississippi cotton. **Research Reports-Mississippi Agricultural Forestry Experiment Station**, Mississippi, v. 18, n. 5, p. 5, 1993.

WHALE, D. M., HEILMEIER, H., MILBRODT, H. The application of growth analysis to structure experimental designs and a new procedure for estimating unit leaf rate and its variance. **Ann. Bot.**, v. 56, p. 631-50, 1985.

WILLIAMS, R. F. The physiology of plant growth with special reference to the concept of net assimilation rate. **Ann. Bot.**, v. 10, p. 41-72, 1946.

WATSON, D. J. The physiological basis of variation in yield. **Adv. Agron.**, v. 4, p. 101-44, 1952.

YOKOYAMA, L. P. O arroz no Brasil de 1985/86 a 1999/00: aspectos conjunturais. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 1., REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7., Florianópolis, 2002. **Anais...** Florianópolis: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 96-99.

YONEYAMA, T. Absorption and assimilation of nitrogen by rice plants – A review on ^{15}N study in Japan. **JARQ**, Japão, v. 20, n. 2, p. 121-126, 1986.

YORK, A. C. Cotton cultivar response to mepiquat chloride. **Agronomy Journal**, Madison, v. 75, p. 663-667, jul.-ago. 1983.

YOSHIDA, S. Physiological aspects of grain yeild. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 23, p. 437-464, 1972.

YOSHIDA, S. Fundamentais of rice crop science. **Los Baños**, 1981. 269 p.

ZULLO JÚNIOR, J.; ARRUDA, F. B. **Programa computacional para ajuste de equações em dados experimentais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1987. 31 p. (Boletim Técnico, 113).