

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

**COMPORTAMENTO PRODUTIVO DO TRIGO EM FUNÇÃO DA
DENSIDADE DE SEMEADURA E DA APLICAÇÃO DE
REGULADORES VEGETAIS**

SAMUEL LUIZ FIOREZE

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU – SP

Fevereiro - 2011

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

**COMPORTAMENTO PRODUTIVO DO TRIGO EM FUNÇÃO DA
DENSIDADE DE SEMEADURA E DA APLICAÇÃO DE
REGULADORES VEGETAIS**

SAMUEL LUIZ FIOREZE

Orientador: Prof. Dr. João Domingos Rodrigues

Co-Orientador: Prof. Dr. Silvio José Bicudo

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp - Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Mestre em
Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU – SP

Fevereiro – 2011

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO -
SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA
- LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Fioreze, Samuel Luiz, 1985-
F518c Comportamento produtivo do trigo em função da densidade de semeadura e da aplicação de reguladores vegetais / Samuel Luiz Fioreze. - Botucatu : [s.n.], 2011

ix, 74 f. : il., gráfs., tabs., fots. color.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2011
Orientador: João Domingos Rodrigues
Co-orientador: Silvio José Bicudo
Inclui bibliografia

1. *Triticum aestivum*. 2. Potencial produtivo. 3. Gibe-relina. 4. Auxina. 5. Citocinina. I. Rodrigues, João Domingos. II. Bicudo, Silvio José. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. IV. Título.

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

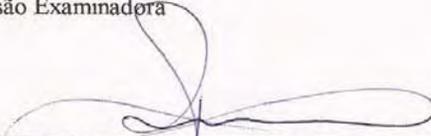
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: COMPORTAMENTO PRODUTIVO DO TRIGO EM FUNÇÃO DA
DENSIDADE DE SEMEADURA E DA APLICAÇÃO DE REGU-
LADORES DE VEGETAIS.

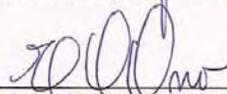
ALUNO: SAMUEL LUIZ FIOREZE

ORIENTADOR: PROF. DR. JOÃO DOMINGOS RODRIGUES

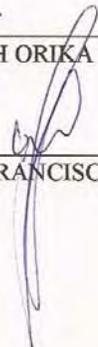
Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. JOÃO DOMINGOS RODRIGUES



PROF.ª DR.ª ELIZABETH ORIKA ONO



PROF. DR. VANDEIR FRANCISCO GUIMARÃES

Data da Realização: 24 de fevereiro de 2011.

Aos meus pais, Adelmo Luiz Fioreze e
Anna Maria Fioreze pelo amor, pelas
orações, pelo carinho, educação e
esforço incansável.

DEDICO

“O tempo retorna...”

Ao meu amor de uma vida inteira, minha bênção
de Deus, Ana Carolina da Costa Lara

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela minha vida e por todas as graças e bênçãos nesta caminhada.

Aos meus pais, Adelmo Luiz Fioreze e Ana Maria Fioreze, pela vida, pela educação, pelas orações, pelos exemplos e pelos esforços incessantes para a conclusão dos meus estudos.

Ao meu orientador e amigo Prof. Dr. João Domingos Rodrigues, pelo incentivo e pelos ensinamentos durante esta jornada.

A todos os Professores do Departamento de Produção Vegetal – Agricultura, da Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP/ Botucatu pela atenção, auxílio e pelos ensinamentos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela concessão da bolsa de estudos durante o curso.

À minha namorada Ana Carolina da Costa Lara, pelo amor sincero e incondicional, pela amizade, companheirismo e pela ajuda nas horas difíceis.

Aos amigos e quase irmãos, Gustavo Castoldi, Laércio Augusto Pivetta e Laerte Gustavo Pivetta, pelo companheirismo típico da família us_terneros, onde não se poupa esforços para ajudar os amigos.

Aos colegas e amigos de pós-graduação Lucas Freitas, Suelem Cristina Maia, Idiana Marina Dallastra, Cristiane Pilon, Flavio Gurgacz, Tailene Kotz, Amanda Amaro, pelo companheirismo e pela ajuda do desenvolvimento deste trabalho.

Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal (Agricultura), pelo auxílio nos trabalhos, em especial aos funcionários de campo e a Ilanir Rosane Rosa Bocetto (Lana), Vera Lúcia Rossi, Valéria Giandoni e Dorival Pires de Arruda.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

OBRIGADO!

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| RESUMO | 1 |
| SUMMARY | 3 |
| 1 INTRODUÇÃO | 5 |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA | 8 |
| 2.1 A CULTURA DO TRIGO | 8 |
| 2.2 POTENCIAL PRODUTIVO DO TRIGO..... | 10 |
| 2.3 PERFILHAMENTO DE PLANTAS NA CULTURA DO TRIGO..... | 12 |
| 2.4 UTILIZAÇÃO DE REGULADORES VEGETAIS NA AGRICULTURA | 14 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS | 17 |
| 3.1 IMPLANTAÇÃO DO EXPERIMENTO..... | 17 |
| 3.1.1 Localização e período de realização do experimento..... | 17 |
| 3.1.2 Tratamentos e delineamento experimental..... | 18 |
| 3.1.3 Instalação e condução do experimento..... | 19 |
| 3.2 AVALIAÇÕES..... | 22 |
| 3.2.1 Emissão de perfilhos..... | 22 |
| 3.2.2 Acúmulo de matéria seca..... | 23 |
| 3.2.3 Altura de plantas e distância entre fonte e dreno..... | 24 |
| 3.2.4 Nitrogênio, Pigmentos fotossintéticos e índice SPAD | 25 |
| 3.2.5 Trocas gasosas | 25 |
| 3.2.6 Morfologia da folha bandeira | 25 |
| 3.2.7 Componentes da produção e produtividade..... | 26 |
| 3.2.8 Sobrevivência e potencial produtivo de perfilhos | 26 |
| 3.3 ANÁLISE E APRESENTAÇÃO DOS DADOS | 27 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 28 |
| 4.1 EMISSÃO DE PERFILHOS | 28 |
| 4.2 ACÚMULO DE MATÉRIA SECA | 32 |
| 4.3 ALTURA DE PLANTAS E DISTÂNCIA ENTRE FONTE E DRENO..... | 36 |
| 4.4 NITROGÊNIO, PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS E ÍNDICE SPAD..... | 41 |
| 4.5 TROCAS GASOSAS | 45 |

| | |
|--|-----------|
| 4.6 MORFOLOGIA DA FOLHA BANDEIRA..... | 51 |
| 4.7 COMPONENTES DA PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE..... | 54 |
| 4.8 SOBREVIVÊNCIA E POTENCIAL PRODUTIVO DE PERFILHOS | 58 |
| 5 CONCLUSÕES..... | 64 |
| 6 REFERÊNCIAS | 66 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1. Atributos físico-químicos do solo experimental determinadas pelo Laboratório de Relação Solo-Planta do Departamento de Agricultura da UNESP-FCA. Botucatu – SP..... | 19 |
| Tabela 2. Resumo da análise de variância para número de perfilhos por planta durante a fase de perfilhamento. Botucatu-SP, 2010..... | 29 |
| Tabela 3. Resumo da análise de variância para número de perfilhos por metro quadrado durante a fase de perfilhamento. Botucatu-SP, 2010..... | 29 |
| Tabela 4. Resumo da análise de variância para matéria seca de colmo por planta (MSCP), matéria seca de folhas por planta (MSFP), matéria seca total por planta (MSTP), relação matéria seca de colmos e folhas (C/F), matéria seca de colmo por m ² (MSC), matéria seca de folhas por m ² (MSF), matéria seca total por m ² (MST), na fase final de perfilhamento de plantas de trigo (IAC 370). Botucatu-SP, 2010. | 33 |
| Tabela 5. Resumo da análise de variância para matéria seca de colmo por planta (MSCP), matéria seca de folhas por planta (MSFP), matéria seca de espigas por planta (MSEP), matéria seca total por planta (MSTP), relação matéria seca de colmos e folhas (C/F), matéria seca de colmo por m ² (MSC), matéria seca de folhas por m ² (MSF), matéria seca de espigas por m ² (MSE) matéria seca total por m ² (MST), na fase de antese de plantas de trigo (IAC 370). Botucatu-SP, 2010..... | 33 |
| Tabela 6. Resumo da análise de variância para altura de plantas de trigo. Botucatu-SP, 2010. | 36 |
| Tabela 7. Resumo da análise de variância para comprimento da bainha da folha bandeira (CB), distância entre o último nó e a espiga (nó-espiga) e distância entre a folha bandeira e a espiga de plantas de trigo. Botucatu-SP, 2010..... | 39 |
| Tabela 8. Comparação de médias para o comprimento da bainha da folha bandeira (CB), distância entre o último nó e a espiga (DNF) e a distância entre fonte e dreno (DFD) em função da aplicação Ax+CK+GA no início do perfilhamento e de Etil-Trinexapac no início da fase de alongamento de plantas de trigo (IAC 370), Botucatu-SP, 2010..... | 40 |
| Tabela 9. Resumo da análise de variância para teores de nitrogênio foliar (N foliar) e em grãos (N grão), índice SPAD, e teores foliares de clorofila <i>a</i> (Cl <i>a</i>), clorofila <i>b</i> (Cl <i>b</i>), relação entre clorofilas <i>a/b</i> (Cl <i>a/b</i>), teor total de clorofila (Cl <i>a+b</i>), carotenóides (Car) e antocianinas (Ant) de plantas de trigo. Botucatu-SP, 2010. .. | 41 |
| Tabela 10. Desdobramento dos valores de índice SPAD para a aplicação de reguladores vegetais em densidades crescentes de plantas de trigo (IAC 370). Botucatu-SP, 2010. | 43 |
| Tabela 11. Comparação de médias para os teores foliares de nitrogênio (N foliar), clorofila <i>a</i> (cl <i>a</i>), clorofila total (Cl <i>a+b</i>) e carotenóides (Car) em plantas de trigo (IAC 370) em função da em função da aplicação de Ax+CK+GA no início do perfilhamento e de Etil-Trinexapac no início da fase de alongamento de plantas, Botucatu-SP, 2010. | 43 |
| Tabela 12. Análise de correlação de Pearson para características fisiológicas de plantas de trigo..... | 45 |

| | |
|--|----|
| Tabela 13. Resumo da análise de variância para os valores de trocas gasosas da folha bandeira de plantas de trigo. Botucatu-SP, 2010..... | 46 |
| Tabela 14. Transpiração (E) e condutância estomática (gs) da folha bandeira de plantas de trigo (IAC 370) em função da aplicação de Ax+CK+GA no início do perfilhamento e de Etil-Trinexapac no início da fase de alongamento de plantas, Botucatu-SP, 2010..... | 49 |
| Tabela 15. Desdobramento dos valores de eficiência do uso da água (EUA) da folha bandeira de plantas de trigo (IAC 370) em função da aplicação de Ax+CK+GA no início do perfilhamento e de Etil-Trinexapac no início da fase de alongamento de plantas, Botucatu-SP, 2010..... | 50 |
| Tabela 16. Resumo da análise de variância para os valores de comprimento (CFB), área foliar (AFB), massa de matéria seca (MSFB), área foliar específica (AFEFB) e largura (LFB) da folha bandeira em plantas de trigo. Botucatu-SP, 2010..... | 51 |
| Tabela 17. Comparação de médias para comprimento, área foliar e massa da matéria seca da folha bandeira de plantas de trigo (IAC 370) em função da aplicação de Ax+CK+GA no início do perfilhamento e de Etil-Trinexapac no início da fase de alongamento de plantas, Botucatu-SP, 2010..... | 53 |
| Tabela 18. Resumo da análise de variância para os valores de comprimento da raquis (CR), número de espiguetas férteis por espiga (NEF), número de espiguetas inférteis por espiga (NEINF), número de grãos por espiga (NGE), massa de grãos por espiga (MGE), número de espigas por metro quadrado (ESP/m ²), porcentagem de incremento do número de espigas (%IE), produtividade (PROD), massa de mil grãos (MMG) e peso hectolétrico (PH) de plantas de trigo. Botucatu-SP, 2010..... | 54 |
| Tabela 19. Comparação de médias para massa de mil grãos em plantas de trigo (IAC 370) em função da aplicação de Ax+CK+GA no início do perfilhamento e de Etil-Trinexapac no início da fase de alongamento de plantas, Botucatu-SP, 2010..... | 58 |
| Tabela 20. Resumo da análise de variância para os valores de número de perfilhos nas fases de antese e colheita e porcentagem de perfilhos férteis (%PF) em plantas de trigo. Botucatu-SP, 2010..... | 58 |
| Tabela 21. Resumo da análise de variância para os valores de participação de perfilhos no acúmulo de matéria seca (PMSP) e potencial produtivo (PP) de perfilhos nas fases final de perfilhamento, antese e colheita em plantas de trigo. Botucatu-SP, 2010..... | 61 |
| Tabela 22. Análise de correlação de Pearson para características fisiológicas e produtivas de plantas de trigo..... | 63 |

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Valores médios de temperatura e umidade relativa do ar durante o ciclo da cultura do trigo. Botucatu-SP, 2010. 18
- Figura 2.** Distribuição de chuvas e lâminas de irrigação durante o ciclo da cultura do trigo. Botucatu-SP, 2010. 21
- Figura 3.** Identificação de perfilhos de trigo com linhas coloridas. Botucatu – SP, 2010. 22
- Figura 4.** Identificação de perfilhos de trigo adaptada de Masle (1985). 23
- Figura 5.** Distância entre fonte (folha bandeira) e dreno (espiga) em plantas de trigo. Botucatu-SP, 2010. 24
- Figura 6.** Número de perfilhos por planta aos 18 (a), 22 (b), 26 (c), 30 (d), 34 (e) e 38 (f) dias após a emergência em densidades de semeadura de plantas de trigo (IAC 370). Botucatu-SP, 2010. **significativo à 1% de probabilidade. 30
- Figura 7.** Número de perfilhos por metro quadrado aos 18 (a), 22 (b), 26 (c), 30 (d), 34 (e) e 38 dias após a emergência em densidades de semeadura de plantas de trigo (IAC 370). Botucatu-SP, 2010. **significativo à 1% de probabilidade. 31
- Figura 8.** Acúmulo de matéria seca de colmo (a), folhas (b), matéria seca total por planta (c) e relação entre o acúmulo de matéria seca de colmo e folhas (d) na fase final de perfilhamento em densidades crescentes de plantas de trigo (IAC 370). Botucatu-SP, 2010. **significativo à 1% de probabilidade. 34
- Figura 9.** Acúmulo de matéria seca de colmo (a), de folhas (b), de espigas (c) e matéria seca total por planta (d) na fase de antese em populações crescentes de plantas de trigo (IAC 370). Botucatu-SP, 2010. **significativo à 1% de probabilidade. 35
- Figura 10.** Altura de plantas de trigo (IAC 370) em função da aplicação de Ax+CK+GA no início do perfilhamento e de Etil-Trinexapac no início da fase de alongamento de plantas, Botucatu-SP, 2010. As barras verticais representam os valores de dms, pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. 37
- Figura 11.** Comprimento da bainha da folha bandeira (a), distância entre o último nó e a espiga (b) e distância entre fonte e dreno (c) em densidades crescentes de plantas de trigo (IAC 370). Botucatu-SP, 2010. **significativo à 1% de probabilidade. ... 39
- Figura 12.** Desdobramento dos valores de índice SPAD para a aplicação densidades crescentes de plantas de trigo (IAC 370) em função da aplicação de Ax+CK+GA no início do perfilhamento e de Etil-Trinexapac no início da fase de alongamento de plantas, Botucatu-SP, 2010. **significativo à 1% de probabilidade. 42
- Figura 13.** Assimilação líquida de carbono aos 3 (a), 7 (b) e 11 (c) dias após a emissão da folha bandeira em densidades crescentes de plantas de trigo (IAC 370). Botucatu-SP, 2010. **significativo à 1% de probabilidade. 47
- Figura 14.** Taxa de transpiração aos 3 (a), 7 (b) e 11 (c) dias após a emissão da folha bandeira em densidades crescentes de plantas de trigo (IAC 370). Botucatu-SP, 2010. **significativo à 1% de probabilidade. 48
- Figura 15.** Taxa de transpiração aos 3 (a), 7 (b) e 11 (c) dias após a emissão da folha bandeira em densidades crescentes de plantas de trigo (IAC 370). Botucatu-SP, 2010. **significativo à 1% de probabilidade. 49
- Figura 16.** Eficiência do uso da água (EUA) aos 3 dias após a emergência da folha bandeira em densidades crescentes de plantas de trigo (IAC 370) em função da aplicação de

| | | |
|-------------------|---|----|
| | Ax+CK+GA no início do perfilhamento e de Etil-Trinexapac no início da fase de alongamento de plantas (a) e eficiência do uso da água aos 7 dias após a emissão da folha bandeira em densidades crescentes de plantas de trigo (b), Botucatu-SP, 2010. **significativo à 1% de probabilidade. | 51 |
| Figura 17. | Matéria seca da folha bandeira em densidades crescentes de plantas de trigo (IAC 370). Botucatu-SP, 2010. **significativo à 1% de probabilidade..... | 52 |
| Figura 18. | Comprimento da ráquis (a), número de espiguetas férteis (b), número (c) e massa (d) de grãos por espiga em densidades crescentes de plantas de trigo (IAC 370). Botucatu-SP, 2010. **significativo à 1% de probabilidade. | 56 |
| Figura 19. | Número de espigas por metro quadrado (a), porcentagem de incremento do número de espigas (b), produtividade de grãos (c), e massa de mil grãos (d) em densidades crescentes de plantas de trigo (IAC 370). Botucatu-SP, 2010. **significativo à 1% de probabilidade. | 57 |
| Figura 20. | Numero de perfilhos por metro quadrado nas de antese (a) e de colheita (b), e porcentagem de perfilhos férteis (c) em densidades crescentes de plantas de trigo (IAC 370). Botucatu-SP, 2010. **significativo à 1% de probabilidade..... | 59 |
| Figura 21. | Participação no acúmulo de matéria seca e potencial produtivo de perfilhos na fase final de perfilhamento (a, b), antese (c, d) e na colheita (e, f) em densidades crescentes de plantas de trigo (IAC 370). Botucatu-SP, 2010. **significativo à 1% de probabilidade. | 62 |

RESUMO

Melhorar o potencial produtivo de plantas cultivadas através de práticas de cultivo é um dos principais desafios da pesquisa frente à crescente demanda de alimentos em nível mundial. Assim, o presente estudo teve por objetivo investigar as alterações morfofisiológicas ocorridas no colmo principal e em perfilhos, bem como caracterizar os processos envolvidos com a plasticidade do desenvolvimento de plantas de trigo em função da densidade de semeadura e da aplicação de regulares vegetais. O experimento foi conduzido no ano agrícola de 2010 na Fazenda Experimental Lageado, Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, em Botucatu (SP). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas. As parcelas foram formadas por quatro densidades de semeadura (30, 50, 70 e 90 plantas m^{-1}), cultivar IAC 370, enquanto as subparcelas foram formadas pela aplicação de reguladores vegetais [controle, (Ax+GA+CK), Etil-Trinexapac e (Ax+GA+CK) + Etil-Trinexapac]. Foram avaliados a emissão de perfilhos, o acúmulo de matéria seca em perfilhos e no colmo principal, a altura de plantas, as trocas gasosas, características morfofisiológicas da folha bandeira e sua relações com a espiga, além dos componentes da produção para perfilhos e

colmo principal e da produtividade final da cultura. Ao final do experimento foram determinadas a participação de perfilhos no desenvolvimento e na produção de grãos, bem como o potencial produtivo de perfilhos em relação ao colmo principal. A aplicação de Etil-Trinexapac resultou em alterações morfofisiológicas em plantas de trigo, como altura de plantas, redução da distância entre fonte e dreno, teor de clorofila e comprimento da folha bandeira, não afetou a produtividade de grãos, tampouco as relações entre colmo principal e perfilhos de trigo. O aumento do número de plantas por unidade de área provocou diminuição da emissão de perfilhos, do acúmulo de matéria seca e das relações entre colmo principal e perfilhos de maneira linear, com relação direta na produtividade de grãos, apesar de as maiores taxas de assimilação de carbono em pós antese terem sido observadas para as maiores densidades de cultivo. O aumento da produção de grãos para as menores populações ocorreu em função do aumento de número da massa de grãos por espiga, compensando a diminuição do número de espigas por metro quadrado. A competição por fatores de produção provocou diminuição da participação e do potencial produtivo de perfilhos em decorrência do aumento da densidade de plantas e também, no decorrer do ciclo da cultura, sendo que as menores densidades de plantas de trigo proporcionaram maiores valores de emissão, sobrevivência e potencial produtivo de perfilhos de trigo.

Palavras-chave: *Triticum aestivum*, potencial produtivo, auxina, giberelina, citocinina.

YIELD BEHAVIOR OF WHEAT PLANTS AFFECTED BY SOWING DENSITIES UNDER PLANT GROWTH REGULATORS APPLICATION. Botucatu, 2011. 75p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: SAMUEL LUIZ FIOREZE

Adviser: JOÃO DOMINGOS RODRIGUES

SUMMARY

Improve on yield potential of plants by crop management is the main research challenge due to the growing of food demand worldwide. The objective of this work was to study morphological and physiological changes in main stem and tillers, and to characterize the processes involved on developmental plasticity of wheat plants affected by sowing densities under plant growth regulators application. The experiment was carried out at Faculdade de Ciências Agrônomicas – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu (SP) in 2010 crop season. The experimental design was split-plot with four replications. The plots were consisted by four plant densities (30, 50 70 and 90 plants m^{-1}) and the subplots were consisted by plant growth regulators [control, (Ax+GA+CK), Trinexapac-Ethyl e (Ax+GA+CK) + Trinexapac-Ethyl]. Tiller emission, main stem and tiller dry mass accumulation, plant height, gas exchange, morphological and physiological characteristics of flag leaf, main stem and tiller yield components and yield were determined. The contribution of main stem and tillers on grain yield and yield potential of tillers in relation to main stem were evaluated at the end of the crop cycle. Trinexapac-Ethyl application resulted in decreasing of plant height, source-sink distance, flag leaf length and chlorophyll content, however, the grain yield was not affected. The increase in the number of plants per unit area resulted in linear lower emission of tillers, dry matter accumulation and relationship between main stem and tillers, with direct relation to the yield. The increase in yield of the lower plant populations occurred due to the higher number of grain weight per spike, offsetting the decrease in the number of spikes per square meter. The competition for production factors resulted in decreasing in contribution of tillers on grain yield and yield potential due to the

increase in the plant density, or even during the crop cycle, whereas smaller densities of wheat plants provided higher emission, survival and yield potential of tillers in the wheat crop.

Keywords: *Triticum aestivum*, yield potential, auxin, gibberellin, cytokinin.

1 INTRODUÇÃO

Melhorar o potencial produtivo de plantas cultivadas através de práticas de cultivo é um dos principais desafios da pesquisa frente à crescente demanda de alimentos em nível mundial. Muitos esforços têm sido direcionados para as pesquisas com o objetivo de aproximar, cada vez mais, a produtividade de culturas a campo do potencial teórico. O desenvolvimento de materiais genéticos com elevado potencial produtivo aliado à adoção de técnicas de manejo diferenciadas são ferramentas de grande importância para alcançar maior produtividade de maneira equilibrada, com redução dos riscos ambientais.

O trigo é cultivado nos dias de hoje nos mais variados locais e condições de cultivo, como resultado de intensos trabalhos de pesquisa nas mais diversas áreas relacionadas ao manejo da cultura. Atualmente observa-se uma grande variabilidade nos valores de produtividade da cultura do trigo nos mais diversos ambientes de cultivo ao redor do mundo, existindo, portanto, um grande potencial produtivo da cultura a ser explorado. Portanto, o conhecimento das principais características morfofisiológicas, associadas ao potencial produtivo de plantas de trigo é uma ferramenta de grande importância para o desenvolvimento de novos genótipos e no desenvolvimento de novas técnicas de cultivo.

O interesse em maximizar o rendimento de trigo tem estimulado o uso de um manejo intensivo nessa cultura. Esse manejo integra a adoção de determinadas práticas, como época de semeadura, espaçamento e densidade de semeadura adequada, aumento do nível de fertilidade do solo e controle de doenças, insetos e do acamamento de plantas. A densidade de semeadura é um fator limitante para a captação dos recursos ambientais pelas plantas, como principalmente de radiação solar, água e nutrientes, sendo considerada uma das práticas culturais que mais influencia a produtividade de grãos e outras características agronômicas da cultura, devido à característica das plantas de trigo de alterar as relações entre os componentes produtivos individuais em relação ao nível de competição interespecífica de acordo com o potencial de cada material genético.

Muitos pesquisadores têm apontado a pequena participação dos perfilhos na produção final da cultura do trigo como um dos principais fatores envolvidos com a baixa produtividade à campo, demonstrando que o processo de iniciação, emergência e sobrevivência de perfilhos é altamente dependente do genótipo utilizado e de suas interações com o ambiente e as condições de cultivo. No entanto, devido à complexidade do estudo das relações inter e intraespecíficas de plantas dentro de uma comunidade, existe uma carência de estudos aprofundados envolvendo de maneira integrada os aspectos fisiológicos relacionados ao potencial produtivo, como a assimilação e as relações de realocação de carboidratos na planta.

A propriedade dos reguladores vegetais de alterar as plantas morfológica e fisiologicamente, seja pelo caráter inibitório ou estimulante, vem se tornando cada dia mais uma ferramenta de grande importância para se melhorar a eficiência produtiva de várias espécies de plantas. A caracterização das alterações fisiológicas de plantas tratadas com reguladores vegetais ainda é pouco explorada na literatura. Portanto, a utilização dessas ferramentas nos processos fisiológicos envolvidos com a produção, partição e alocação de fotoassimilados deve ser estudada com o objetivo de subsidiar o aumento da eficiência produtiva de culturas bem como servir de base para programas de melhoramento de plantas na incorporação de características de interesse para a produção de grãos.

Neste contexto, o presente trabalho teve por objetivos: (i) Investigar as alterações morfofisiológicas ocorridas no colmo principal e em perfilhos de plantas de trigo cultivadas em diferentes densidades de semeadura e submetidas à aplicação de reguladores

vegetais e (ii) caracterizar os processos envolvidos com a plasticidade do desenvolvimento de plantas de trigo em função da variação populacional e da aplicação de reguladores vegetais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A CULTURA DO TRIGO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) foi uma das primeiras espécies a ser cultivada no mundo, sendo uma planta originária do cruzamento de outras gramíneas silvestres que existiam próximas ao rio Tigre e Eufrates (SILVA et al., 2000). Pertence à família *Poaceae*, tribo *Triticeae* (*Hordeae*), sub-tribo *Triticinae*, gênero *Triticum*. A sub-tribo compreende quinze espécies, reunidas em três grupos, denominados em função do seu número de cromossomos, sendo $n=7$, a série diplóide constituída por 14 cromossomos, tetraplóide por 28 cromossomos e hexaplóide por 42 cromossomos (SLEPER e POEHLMAN, 2006).

O trigo tem sido cultivado no sudoeste da Ásia, seu centro de origem, há mais de 10.000 anos (SLEPER e POEHLMAN, 2006). Por ser um cereal básico é cultivado hoje em diferentes condições ambientais, desde a Argentina até a Finlândia, o que exige trabalhos intensos de seleção, visando à adaptação da cultura ao ambiente de cultivo (KLAR e DENADAI, 1996; FUMIS et al., 1997). Até chegar aos tipos de trigo hoje conhecidos, muitos

anos de pesquisa e melhoramento foram necessários. No Brasil a cultura do trigo vem alcançando, a cada dia, maior importância frente aos países produtores e exportadores, alicerçada nos ganhos de produtividade, na rentabilidade e na melhoria de sua qualidade industrial (TIBOLA et al., 2008).

A espécie *Triticum aestivum* está entre as espécies vegetais de maior importância para a alimentação humana. A composição única de suas proteínas de reserva, que permite a obtenção de vários produtos por meio do processo de panificação, faz do trigo um cereal mundialmente consumido (JOSHI et al., 2007). Este cereal possui um importante papel no aspecto econômico e nutricional da alimentação humana, pois a sua farinha é largamente utilizada na indústria alimentícia (FERREIRA, R. A. 2003). Devido às características de composição do seu grão, o trigo é utilizado na fabricação de pães, bolos, biscoitos, barras de cereais, além de macarrões, massas para pizza entre outras utilizações de seus derivados pela indústria. Sua diversidade de utilização, suas características nutricionais e sua facilidade de armazenamento têm feito do trigo o alimento básico de aproximadamente um terço da população mundial (SLEPER e POEHLMAN, 2006), fornecendo 500 kcal de energia per capita por dia em dois dos mais populosos países do mundo, a China e a Índia, e mais de 1400 kcal per capita por dia no Irã e na Turquia (DIXON, 2009).

O trigo é uma espécie de estação fria e sua produção mundial é superior a 600 milhões de toneladas por ano, sendo a segunda maior produção de grãos em nível mundial (USDA, 2010). O Brasil concentra sua produção na região Sul do país, a qual é responsável por mais de 90% da produção nacional, que em média é de quatro milhões de toneladas (CONAB, 2010). Este montante representa menos de 50% do consumo interno do cereal, fazendo com que o Brasil seja um dos principais países importadores de trigo no mundo.

Na região sul do país, principalmente nos estados do Rio Grande do Sul e Paraná, o trigo é uma das principais alternativas de cultivo no inverno (SCHUCH et al., 2000). A migração do trigo em direção aos pólos e ao Equador pode ser atribuída à seleção natural e ao desenvolvimento de novas cultivares adaptadas às condições ambientais específicas (CARGNIN et al., 2006). Neste contexto, a região do Cerrado do Brasil Central apresenta grande potencial para a expansão da cultura de trigo, por oferecer ótimas condições de clima e solo, posição estratégica de mercado e capacidade de industrialização, além de

poder ser colhido na entressafra da produção dos estados do Sul e da Argentina e com características superiores de qualidade industrial para panificação (ALBRECHT et al., 2005).

O interesse em maximizar o rendimento de trigo tem estimulado o uso de um manejo intensivo nessa cultura. Esse manejo integra a adoção de determinadas práticas, como época de semeadura, espaçamento e densidade de semeadura adequada, aumento do nível de fertilidade do solo e controle de doenças, insetos e de acamamento de plantas (RODRIGUES e TEIXEIRA, 2003). Segundo Sleper e Poehlman (2006) desde os primeiros trabalhos de melhoramento genético da cultura do trigo busca-se aumento na produção e na qualidade de grãos, além de modificações na arquitetura de plantas, resistência ao acamamento, pragas e doenças. Nos dias de hoje os objetivos visam à criação de novos genótipos com melhor potencial produtivo, melhor estabilidade de produção e que demonstrem qualidade no produto final.

2.2 POTENCIAL PRODUTIVO DO TRIGO

O potencial produtivo é uma característica quantitativa complexa, relacionada com a habilidade da planta em produzir, translocar e estocar carboidratos nos grãos (SLEEPER e POELMAN, 2006). De acordo com Loomis e Amthor (1999), alcançar elevada produtividade é conceitualmente simples: maximizar e estender a duração da interceptação foliar, utilizar a energia absorvida de maneira eficiente para a fotossíntese e alocar os fotoassimilados de maneira a obter proporções ótimas de folhas, colmos, raízes e estruturas reprodutivas, mantendo-os a um custo mínimo.

As bases genéticas de caracteres quantitativos, tal como o rendimento de grãos, revelam maior dificuldade por ter sua expressão associada a um grande número de genes de pequeno efeito e por conseqüência, maior dificuldade na seleção direta, pela interação dos diferentes componentes do rendimento e o forte efeito do ambiente. Para tanto, diferentes estratégias e técnicas são utilizadas pelos melhoristas para o estabelecimento de estratégias que visem o aumento da produtividade de espécies anuais, através do maior aproveitamento da área ou das condições de campo em que são submetidas (VALÉRIO, 2008a).

As bases fisiológicas do aumento da produtividade em trigo têm sido citadas por diferentes autores (REYNOLDS et al., 1999; FISCHER, 2007). Por muitos anos, grande parte do aumento da produtividade de trigo esteve associada ao incremento da partição de massa seca para os grãos, enquanto a biomassa da parte aérea não foi modificada (CALDERINI et al., 1995; SAYRE et al., 1997). Em adição, fatores determinantes na produção de biomassa, especialmente a eficiência de uso da radiação, permaneceram praticamente inalterados (CALDERINI et al., 1997; FISCHER et al., 1998).

O rendimento de grãos em trigo é determinado por vários componentes, entre eles o número de espigas por planta, número de espiguetas por espiga, número de grãos por espiga e por espiguetas e peso médio do grão, dependendo diretamente dos fatores de origem genética e do ambiente (CRUZ et al., 2003). As respostas da planta a alterações do ambiente, seja por um estímulo do crescimento ou por uma condição de estresse, podem ser verificadas através de alterações nos componentes de produção, que podem ou não resultar em alterações na produtividade final da cultura, em função da sua capacidade de compensação dos principais componentes ligados à produção.

O período que corresponde ao crescimento da espiga próximo à antese, até o desenvolvimento total da semente é de grande importância para o rendimento. Maior disponibilidade de assimilados próximo à antese pode representar mais flores férteis e, conseqüentemente, maior número e tamanho de sementes, com maior capacidade de formar grãos cheios (RODRIGUES, 2000). Identificam-se duas fontes principais de fotoassimilados para os grãos em crescimento: uma originada diretamente da fotossíntese atual e outra a partir da remobilização de fotoassimilados armazenados temporariamente em outros órgãos da planta, principalmente, nos colmos (SIMMONS, 1987). As duas características ocorrem em diferentes materiais e são de grande importância para a produção de grãos, principalmente, em regiões sujeitas a ocorrência de déficit hídrico (INOUE et al., 2004).

A folha bandeira é considerada como a fonte primária para o enchimento de grãos, devido a curta distância da espiga e o fato dela se manter verde por mais tempo do que as demais folhas da planta. De acordo com Gondin (2006) os produtos da fotossíntese elaborados nas folhas situadas na porção superior do colmo (principalmente na folha bandeira) e nas aristas, são responsáveis pela maior parte da produção.

Reservas do colmo acumuladas na planta até a pré-antese estão sendo crescentemente reconhecidas como importante fonte de carbono para enchimento do grão quando a fotossíntese é inibida por estresse hídrico, por calor ou por doenças. Este é um período crítico, pois, a partir da fase de pré-antese os fotoassimilados produzidos pela fonte começam a reduzir em função da senescência foliar, que se acentuam ainda mais em situação de estresse quando a demanda do dreno é maior. Dessa forma, as reservas do colmo são essenciais para manter níveis adequados de produtividade (BLUM, 1998). Asseng e van Herwaarden (2003) observaram que os assimilados armazenados antes do enchimento de grãos explicaram cerca de 5 a 90% da produção de grãos, dependendo da quantidade e distribuição de chuvas, suprimento de nitrogênio, crescimento da cultura e uso da água, sendo que em condições favoráveis ao desenvolvimento da cultura, essa contribuição será menor.

2.3 PERFILHAMENTO DE PLANTAS NA CULTURA DO TRIGO

A emissão, o desenvolvimento e a sobrevivência dos perfilhos têm sido relatados como de extrema importância para a cultura do trigo (ALVES et al., 2000; VALÉRIO et al., 2008b; VALÉRIO et al., 2009), sendo apontados por Harting et al. (2007) como o principal componente quantitativo no rendimento de grãos de trigo. Mundstock (1999) refere que a pequena participação de perfilhos férteis na formação do rendimento final é um dos principais motivos da baixa produtividade média das lavouras de trigo no Brasil.

O processo de emissão de um perfilho é caracterizado pelo crescimento de novos órgãos, como folhas e colmos, a partir de uma gema axilar. As condições necessárias para essa gema se desenvolver estão basicamente relacionadas com fatores ambientais e hormonais (MURPHY e BRISKE, 1992). Plantas de trigo apresentam o desenvolvimento de perfilhos a partir de gemas axilares basais do colmo principal, sendo que cada perfilho apresenta potencial para o desenvolvimento de outras estruturas (perfilhos secundários e terciários) (CASTRO e KLUNGE, 1999).

O balanço entre auxinas (Ax) e citocininas (CK) tem papel importante na regulação do crescimento e desenvolvimento meristemático (VEIT, 2006). Conforme relato de Valério et al. (2009), as relações hormonais envolvidas na emissão e no desenvolvimento

de perfilhos são bastante complexas, envolvendo o equilíbrio entre Ax e CK, que determinam os processos de dominância apical e superação de dormência em gemas laterais.

A ação exercida pela auxina (divisão e alongamento celular) e citocinina (divisão celular) está associada, respectivamente, à inibição e à promoção do desenvolvimento de gemas laterais (TAIZ e ZEIGER, 2009). Segundo os mesmos autores, evidências sugerem que a auxina não age de forma isolada no perfilhamento, havendo ainda os efeitos da citocinina, a qual é sintetizada nas raízes e transportada para quebrar a dormência de gemas axilares, sendo considerada como um mensageiro secundário de sinais. Contudo, a auxina pode modular a concentração de citocinina, intermediando o surgimento de gemas.

A presença de perfilhos pode afetar a produtividade da cultura do trigo de maneira positiva ou negativa, em função da disponibilidade de recursos ambientais: água, luz, nutrientes, etc. (ELHANI et al., 2007). Os efeitos de ambiente e de manejo sobre a expressão da capacidade de perfilhamento têm sido estudados, sendo a densidade de semeadura identificada como uma das técnicas culturais que mais influenciam o rendimento de grãos e seus componentes (OZTURK et al., 2006). As relações entre o colmo principal e os perfilhos afetam o número de perfilhos férteis em cereais e isso depende das condições do ambiente durante a iniciação do primórdio do perfilho e em estádios de desenvolvimento subsequentes (ALMEIDA e MUNDSTOCK, 2001).

O efeito da competição é determinante na produção de perfilhos, com implicações diretas no rendimento de grãos e nos demais componentes (OZTURK et al., 2006). Desta forma, a identificação do número ideal de indivíduos por unidade de área pode determinar o máximo rendimento de grãos, sem o risco de haver excesso ou falta de plantas, o que interferiria no rendimento de grãos (MUNDSTOCK, 1999). Portanto, mudanças na densidade de semeadura têm importância especial na cultura do trigo, pois exercem efeitos diretos na produção de grãos e seus componentes (OZTURK et al., 2006) de acordo com o ambiente de cultivo (LLOVERAS et al., 2004).

Existe uma carência de informações à respeito das relações entre colmo principal e perfilhos no que diz respeito ao potencial produtivo individual de cada órgão e sua contribuição para a produção final. Segundo Galli (1996) a baixa taxa de sobrevivência de perfilhos de trigo é um reflexo fisiológico da maneira com que estes são produzidos, priorizando-se a nutrição do colmo principal em detrimento dos perfilhos. Wobeto (1994)

relata que o equilíbrio entre o desenvolvimento do colmo principal e os perfilhos é uma condição essencial para a sobrevivência destes, portanto, para se tornarem produtivos os perfilhos devem apresentar taxas de crescimento semelhantes ao colmo principal, podendo assim contribuir para a produção final de grãos.

2.4 UTILIZAÇÃO DE REGULADORES VEGETAIS NA AGRICULTURA

A descoberta dos efeitos dos reguladores vegetais sobre plantas cultivadas e os benefícios promovidos por estas substâncias têm contribuído para solucionar problemas do sistema de produção e melhorar qualitativa e quantitativamente a produtividade das culturas (CASTRO e VIEIRA, 2001). Seus efeitos fisiológicos têm sido estudados visando o avanço no conhecimento da ação estimulatória ou inibitória no crescimento e desenvolvimento das plantas (MARTINS e CASTRO, 1999a).

Os reguladores vegetais atuam como sinalizadores químicos no crescimento e desenvolvimento de plantas. Normalmente ligam-se a receptores na planta e desencadeiam uma série de mudanças celulares, as quais podem afetar a iniciação ou modificação do desenvolvimento de órgãos ou tecidos (RODRIGUES, 2003). Para Castro e Vieira (2001), biorreguladores vegetais são substâncias sintéticas que aplicadas exogenamente possuem ações similares aos grupos de hormônios vegetais mais conhecidos (auxinas, giberelinas, citocininas e etileno).

Reguladores vegetais do grupo das auxinas (Ax) e da giberelinas (GA) são os mais bem estudados em culturas de interesse econômico nos dias atuais. Entre as principais utilizações da Ax têm-se a prevenção da abscisão de frutos e folhas, enraizamento de estacas, promoção da floração, indução de partenocarpia, raleio de frutos e ação herbicida, enquanto GA exógenas têm sido amplamente empregadas para a promoção do crescimento de frutos, produção de malte em cevada, aumento do comprimento dos internós em cana-de-açúcar. Da mesma forma, inibidores da biossíntese têm sido úteis para a redução na altura de plantas, principalmente em cereais de estação fria como o trigo (ARTECA, 1995).

A mistura de dois ou mais reguladores vegetais resulta em um terceiro produto chamado de bioestimulante ou estimulante vegetal. Esse produto químico pode, em função da sua composição, concentração e proporção das substâncias, incrementar o

crescimento e desenvolvimento vegetal, estimulando a divisão, a diferenciação e o alongamento celular podendo também melhorar a absorção e a utilização de água e nutrientes pelas plantas, mesmo sob condições ambientais adversas (CASTRO e VIEIRA, 2001). Reguladores que atuam como promotores do crescimento vegetal têm sido utilizados em uma ampla variedade de culturas, com objetivos variados. De maneira geral, esses produtos são compostos por um ou pela combinação de alguns reguladores, principalmente Ax, GA e CK.

A aplicação de GA resultou em intensa atividade meristemática de feixes vasculares do colmo na cultura da cana de açúcar (MARTINS e CASTRO, 1999b), no entanto, o desenvolvimento do xilema e floema foram negativamente afetados, possivelmente pelo desequilíbrio entre níveis endógenos de GA e Ax. Esses efeitos podem ser explicados pela interação entre auxina, citocinina e giberelina que atuam no metabolismo vegetal, modulando e regulando o crescimento de diversos órgãos da planta (SANTOS, 2004). Portanto, a ação combinada de reguladores que atuam na promoção do crescimento pode resultar em incrementos significativos no crescimento e na produtividade de espécies vegetais.

Os resultados da aplicação conjunta de Ax, GA e CK, via semente ou foliar, têm sido demonstrados em diversas culturas de interesse agrícola nos últimos anos. Entre os resultados observa-se o incremento no desenvolvimento inicial (SANTOS, 2009) e na produção de grãos (VIEIRA e CASTRO, 2001) da cultura da soja, aumento do rendimento de grãos na cultura do milho (DOURADO NETO et al., 2004), produtividade, rendimento, bem como na qualidade de fibra em algodoeiro (ALBRECHT et al., 2009). Contudo, a validação do uso deste tipo de reguladores como prática de manejo deve passar ainda por estudos aprofundados das características morfofisiológicas e da produtividade de culturas.

Reguladores vegetais classificados como retardantes de crescimento afetam a formação de células e o alongamento do internódio abaixo do meristema, assim, plantas com entrenós curtos são obtidas com o desenvolvimento de flores normais. Os retardantes de crescimento mais utilizados e os mais bem estudados até o momento atuam basicamente na inibição da biossíntese de giberelinas, contudo, algumas outras substâncias, como as morfactinas, apresentam a habilidade de afetar a morfogênese de plantas sem afetar a biossíntese hormonal, atuando por meio de antagonismo competitivo em sítios de ligação (ARTECA, 1995).

Vários retardantes de crescimento têm sido usados em cereais, entre os quais destacam-se o cloreto de 2-cloro-etil-trimetilamônia, conhecido como CCC, recomendado para a cultura de trigo, o Ethephon (ácido 2-cloro-etil-fosfônico), para a cultura de cevada e mais recentemente o Etil-Trinexapac, um regulador com forte ação na inibição do alongamento dos entrenós. A aplicação desses reguladores tem sido realizada em função de seus efeitos pronunciados no desenvolvimento de trigo, através do estímulo do perfilhamento, redistribuição de biomassa com aumento do crescimento de raízes, redução de estatura e fortalecimento de colmos, o que restringe os riscos das plantas ao acamamento (RODRIGUES et al., 2003).

Inibidores de giberelinas são usados comercialmente para evitar o alongamento de colmos em algumas culturas. Para a cultura do trigo, o cloreto de clormequat, (OLUMEKUN, 1996), e o Etil-Trinexapac (ZAGONEL e FERNANDES; 2007; ESPINDULA et al., 2009; 2010) têm apresentado bons resultados na redução da estatura das plantas e de perdas por acamamento. Diversos trabalhos de pesquisa têm demonstrado incrementos na produtividade da cultura do trigo tratada com reguladores vegetais, mesmo em condições onde existe ocorrência de acamamento. Esses incrementos estão relacionados com a melhoria na arquitetura de folhas, que aumenta a eficiência da absorção de luz e a tolerância ao sombreamento (ZAGONEL et al., 2002).

A caracterização das alterações fisiológicas de plantas tratadas com reguladores vegetais ainda é pouco explorada na literatura, portanto, a influência da aplicação de reguladores vegetais, seja de caráter estimulante ou inibidor do crescimento, nos processos fisiológicos envolvidos com a produção, partição e alocação de fotoassimilados deve ser estudada com objetivo o de subsidiar o aumento da eficiência produtiva de culturas, bem como servir de base para programas de melhoramento de plantas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 IMPLANTAÇÃO DO EXPERIMENTO

3.1.1 Localização e período de realização do experimento

O experimento foi instalado na área da Fazenda Experimental Lageado, Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, em Botucatu (SP), em um nitossolo vermelho, de textura argilosa (EMBRAPA, 2006), em abril de 2010.

A localização da área experimental está definida pelas coordenadas geográficas: 22°49' Latitude Sul e 48°25' Longitude Oeste de Greenwich, com altitude média de 770 metros e clima Cwa, pela classificação de Köppen (1948), caracterizado como subtropical úmido, com precipitação média anual em torno de 1400 mm e temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C e a do mês mais frio entre 3 a 18 °C. Os valores médios de temperatura e umidade relativa do ar para o período de condução do experimento são apresentados na Figura 1.

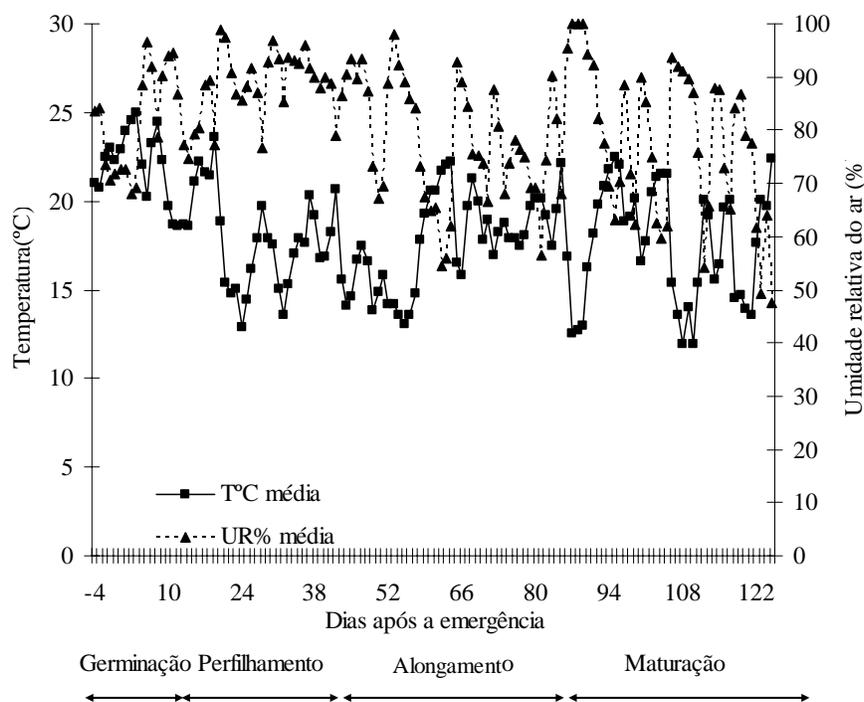


Figura 1. Valores médios de temperatura e umidade relativa do ar durante o ciclo da cultura do trigo. Botucatu-SP, 2010.

3.1.2 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado no ensaio foi o de blocos casualizados em esquema de parcelas sub-divididas com quatro repetições. As parcelas foram formadas por quatro densidades de semeadura (30, 50, 70 e 90 plantas por metro) enquanto as sub-parcelas foram formadas pela aplicação de reguladores vegetais [controle, (Ax+GA+CK), Etil-Trinexapac e (Ax+GA+CK) + Etil-Trinexapac], totalizando 64 unidades experimentais.

A cultivar de trigo utilizada foi a IAC 370 cedida pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) que apresenta porte médio e boa adaptabilidade para as condições regionais de cultivo, conforme zoneamento agrícola (EMBRAPA, 2010). O regulador vegetal Etil-Trinexapac (Moddus[®]) é classificado como um redutor de crescimento e tem como mecanismo de ação a inibição da síntese endógena de giberelinas, um dos principais hormônios atuantes no processo de alongamento de colmos de trigo. A aplicação de Ax+GA+CK foi realizada através do produto comercial Stimulate[®], composto por 0,005% de ácido indolilbutírico (IBA), 0,005% de ácido giberélico e 0,009% de cinetina. A mistura destes três compostos resulta no caráter fitoestimulante do produto.

3.1.3 Instalação e condução do experimento

O experimento foi implantado em sistema de semeadura direta tendo como cultura antecessora a soja. Foram realizadas duas operações de calagem do solo com incorporação (subsolagem+grade superficial) em março de 2009, antecedendo a cultura do trigo, e outubro de 2009, antecedendo a cultura da soja. Em cada uma das operações a quantidade de calcário dolomítico foi de 3.000 kg ha⁻¹ (PRNT 96%).

Antes da implantação do experimento foram determinadas as características físico-químicas do solo. As análises foram realizadas no Laboratório de Relação Solo-Planta do Departamento de Agricultura da UNESP-FCA e os resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Atributos físico-químicos do solo experimental determinadas pelo Laboratório de Relação Solo-Planta do Departamento de Agricultura da UNESP-FCA. Botucatu – SP.

| Ano | Prof. (cm) | Ca | Mg | K | Al | H + Al | SB | CTC | MO | V | P | pH CaCl |
|------|------------|-----------------------|------|-----|-----|-------------------|-------------------|-------|--------|--------------------|------|---------|
| | | mmolc dm ³ | | | | | g dm ³ | | % | mg dm ³ | | |
| 2009 | 0,0-10 | 21,0 | 10,0 | 3,3 | 3,0 | 89,6 | 44,3 | 133,6 | 34,0 | 33,1 | 29,0 | 4,5 |
| 2009 | 10-20 | 39,0 | 10,0 | 2,6 | 3,0 | 80,6 | 41,6 | 122,2 | 31,0 | 34,0 | 54,0 | 4,6 |
| 2009 | 0,0-20 | 56,0 | 33,0 | 2,9 | 0,0 | 41,2 | 90,9 | 132,1 | 26,0 | 68,4 | 27,0 | 5,3 |
| 2010 | 0,0-10 | 53,0 | 28,0 | 2,7 | 1,0 | 29,1 | 83,5 | 112,6 | 22,0 | 74,2 | 33,0 | 5,8 |
| 2010 | 10-20 | 31,0 | 16,0 | 1,8 | 2,0 | 62,0 | 48,6 | 110,4 | 20,0 | 43,8 | 25,0 | 4,8 |
| | | Areia | | | | Silte | | | Argila | | | |
| | | | | | | g dm ³ | | | | | | |
| | | 380 | | | | 200 | | | 420 | | | |

Cada unidade experimental (sub-parcela) foi formada por 13 linhas de semeadura espaçadas 0,17 m entre si e com 10 m de comprimento totalizando 20,4 m². Foram descartados 1,0 m em cada extremidade e três linhas de cada lado da sub-parcela para se obter uma parcela útil de 9,18 m². A dessecação da área foi realizada sete dias antes da semeadura por meio da aplicação de Glyphosate (Roundup WG[®]) na dose de 4,0 kg ha⁻¹ (p.c.).

A semeadura foi realizada no dia 15 de abril de 2010, de maneira mecanizada com a densidade variando de acordo com os tratamentos descritos. Antes da semeadura, foi realizado teste de germinação de sementes em laboratório e a campo, sendo que a germinação média encontrada foi de 83,5%. Os valores de porcentagem de germinação

foram utilizados para ajustar o número de sementes para cada tratamento, a fim de manter a densidade de plantas determinada (38, 63, 88 e 113 sementes por metro).

As sementes receberam tratamento com inseticida (Cruiser® 150 mL 100 kg⁻¹) e fungicida (Vitavax-thiran® 300 mL 100 kg⁻¹). A semeadura foi realizada com uma semeadora de fluxo contínuo a uma profundidade de 4 cm. Após a emergência das plântulas foi realizada contagem do número de plantas para fins de monitoramento da uniformidade da população de plantas, ajustando-se por meio de desbaste quando necessário.

A adubação foi realizada de acordo com as características químicas do solo determinadas anteriormente e com as exigências da cultura (EMBRAPA, 2010). A adubação de base foi realizada com 160 kg ha⁻¹ do adubo formulado 08-28-16 (NPK). A adubação de cobertura foi realizada com a aplicação de 45 kg ha⁻¹ de nitrogênio (sulfato de amônio) e 30 kg ha⁻¹ de potássio (KCl) aplicados no início da fase de perfilhamento da cultura e 45 kg ha⁻¹ de nitrogênio (sulfato de amônio) no final da fase de perfilhamento.

O sistema de irrigação foi instalado logo após a semeadura. Foram utilizados aspersores de baixa vazão Agropolo® modelo NY 25. A frequência de irrigação foi determinada de acordo com o acompanhamento da tensão de água no solo, monitorada através de uma bateria com quatro tensiômetros de mercúrio instalados à 20 cm de profundidade, irrigando-se quando a altura da coluna de mercúrio atingia 40 cm. Os valores de precipitação e de lâmina de irrigação no decorrer do ciclo são apresentados na Figura 2. O somatório do acumulado de chuvas e da lâmina total de irrigação durante a condução do experimento foi de 315 mm, considerado um ótimo valor para as exigências da cultura (EMBRAPA, 2010), sendo distribuídos de maneira adequada no decorrer das fases de desenvolvimento das plantas.

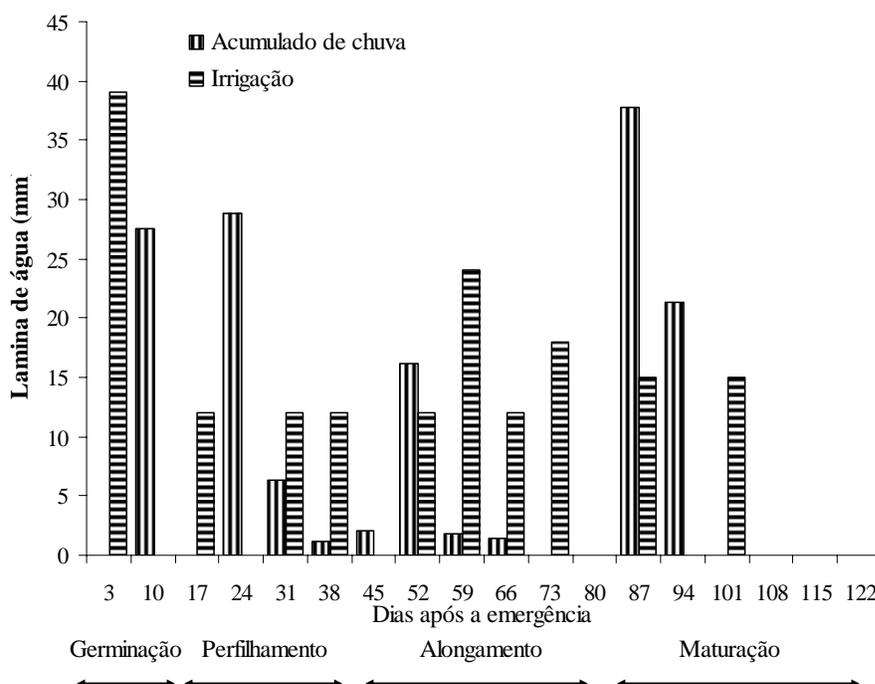


Figura 2. Distribuição de chuvas e lâminas de irrigação durante o ciclo da cultura do trigo. Botucatu-SP, 2010.

A aplicação do regulador vegetal Stimulate[®] foi realizada no início da fase de perfilamento (14 dias após a emergência), na dose de 500 mL ha⁻¹ enquanto o Moddus[®] foi aplicado na dose de 400 mL ha⁻¹ (p.c.) na fase do primeiro nó visível do colmo principal (60 dias após a emergência) que corresponderam aos estádios 2 e 6 da escala de Feeks (LARGE, 1954). Ambos os produtos foram aplicados via pulverização foliar utilizando-se pulverizador de barras com pressão de CO₂ e bicos do tipo leque (110-02) ajustado para um volume de calda de 150 L ha⁻¹. As duas aplicações foram realizadas ao final da tarde, com ausência de ventos, temperatura de 23 e 25 °C e umidade relativa do ar de 70 e 72% para as duas aplicações, respectivamente.

O controle de plantas daninhas foi realizado aos 30 DAE com o herbicida Metilsulfuron (Ally[®] 4 g ha⁻¹). O controle preventivo de doenças foi realizado com duas aplicações de Piraclostrobina + Epoxiconazol (Ópera[®] 0,75 L ha⁻¹) aos 46 e 62 DAE e duas aplicações de Azoxistrobina+Ciproconazole (Priori Xtra[®] 0,5 L ha⁻¹) aos 86 e 100 DAE. O controle de pragas foi realizado aos 46 DAE com a aplicação de Lefenuron (Math[®] 0,1 L ha⁻¹).

3.2 AVALIAÇÕES

3.2.1 Emissão de perfilhos

A avaliação da emissão de perfilhos foi realizada durante toda a fase de perfilhamento da cultura em plantas previamente selecionadas e com intervalos de quatro dias. A avaliação foi iniciada juntamente com a aplicação do regulador vegetal composto por Ax+GA+CK. Foram avaliadas 45 plantas por parcela, divididas em três pontos distribuídos aleatoriamente com 15 plantas cada um, sendo realizada de maneira não destrutiva por meio da identificação e contagem.

Após a emissão, os perfilhos foram identificados por meio de cordões de algodão, atribuindo-se diferentes cores para cada classe (Figura 3). A identificação dos perfilhos foi realizada conforme proposto por Masle (1985) (Figura 4). Os perfilhos foram denominados pela letra A, seguidos do número da folha de cujo nó foram originados conforme segue: CP - colmo principal; A0 - perfilho originado do nó do coleóptilo; A1 - perfilho originado do nó da primeira folha do CP; An - perfilho originado do nó da enésima folha do CP.



Figura 3. Identificação de perfilhos de trigo com linhas coloridas. Botucatu – SP, 2010.

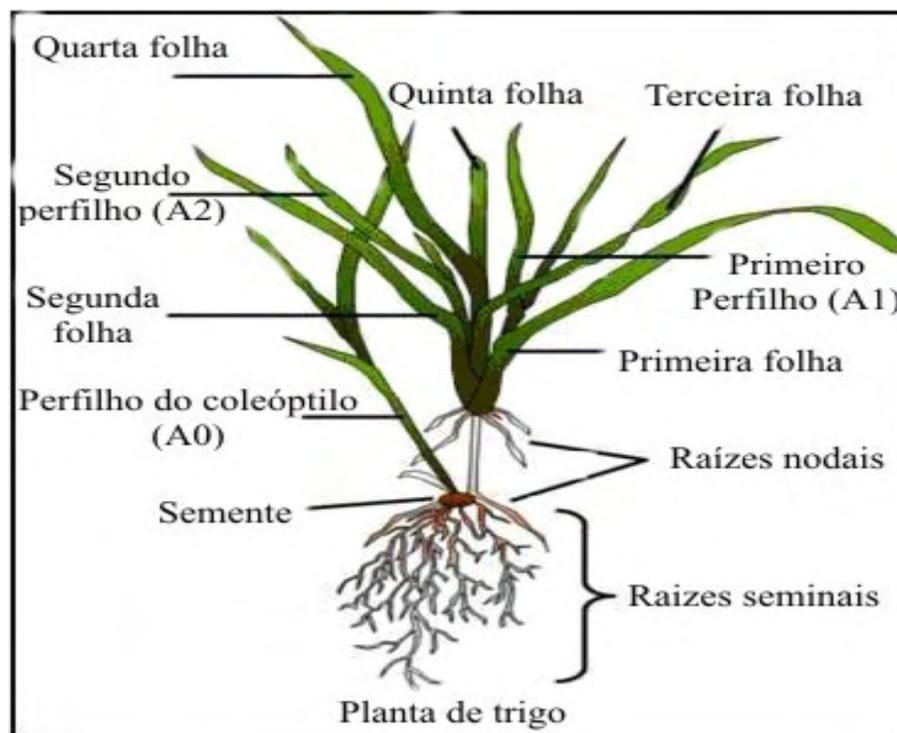


Figura 4. Identificação de perfilhos de trigo adaptada de Masle (1985).

Os três pontos utilizados para determinação da emissão de perfilhos foram utilizados posteriormente para determinação do acúmulo de matéria seca no final da fase de perfilhamento e início do período reprodutivo bem como na determinação dos componentes da produção, ao final do ciclo da cultura.

3.2.2 Acúmulo de matéria seca

As coletas de material vegetal para análise do acúmulo de matéria seca foram realizadas no final da fase de perfilhamento (42 DAE) e no início do período reprodutivo (antese) (73 DAE). Para cada época foram coletadas 10 plantas pré-determinadas e com os perfilhos identificados, dentro da parcela útil.

Após a coleta o material foi levado para laboratório onde cada planta foi dividida em colmo principal e perfilhos conforme descrito. Os perfilhos e o colmo principal foram separados em folhas, colmo + bainha e estruturas reprodutivas (quando presentes) e colocados em sacos de papel identificados. Os diferentes órgãos separados foram levados à

estufa de circulação forçada de ar à temperatura de 65°C até massa constante pesados em balança de precisão, fornecendo os valores de massa da matéria seca de folhas, massa seca de colmo e massa seca de estruturas reprodutivas por planta e por metro quadrado.

3.2.3 Altura de plantas e distância entre fonte e dreno

A altura de plantas foi determinada durante toda a fase de alongamento da cultura, dos 60 DAE (aplicação de Etil-Trinexapac) até os 88 DAE (altura final), com intervalos de quatro dias. A distância entre fonte e dreno foi determinada no início da fase de maturação da cultura (120 DAE). A altura de plantas foi determinada em três pontos por parcelas e foi definida pela distância vertical entre a base da planta e a extremidade distal da espiga. A determinação da distância entre a fonte principal de fotoassimilados (folha bandeira) e o dreno (espiga) foi realizada no colmo principal de 15 plantas por parcela, onde se determinou o comprimento da bainha da folha-bandeira (CB) e a distância entre o nó da folha bandeira e a inserção da espiga (NE). Através da soma das duas distâncias tem-se a distância total de caminhamento de fotoassimilados da folha bandeira até a espiga (Figura 5).

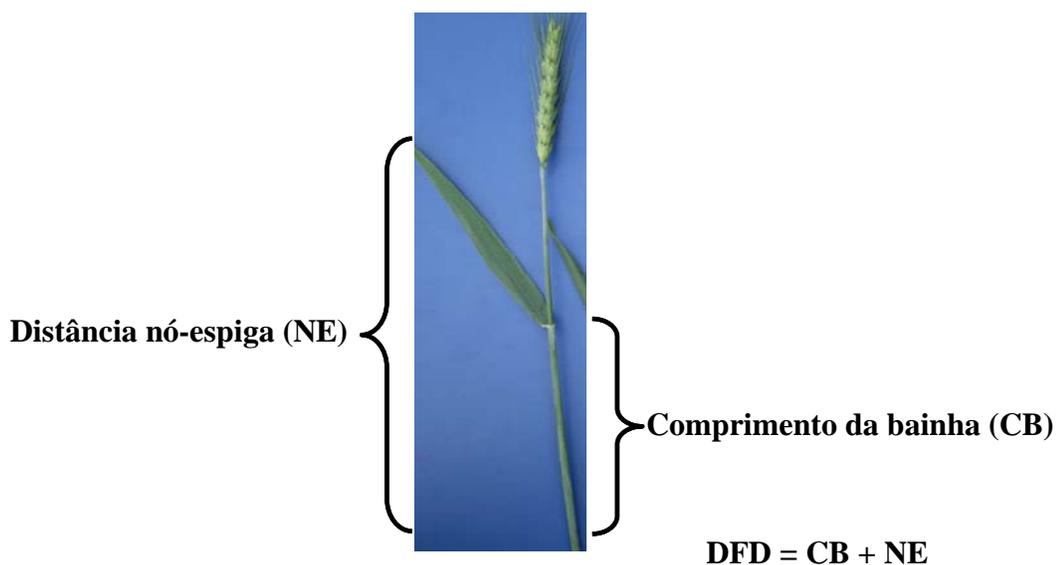


Figura 5. Distância entre fonte (folha bandeira) e dreno (espiga) em plantas de trigo. Botucatu-SP, 2010.

3.2.4 Nitrogênio, Pigmentos fotossintéticos e índice SPAD

A coleta de material para a determinação do teor de nitrogênio (N) e dos pigmentos fotossintéticos foi realizada no início da fase reprodutiva. Foram coletadas folhas bandeira do colmo principal de 10 plantas de trigo por parcela. No momento da coleta do material vegetal foram realizadas leituras do índice SPAD da folhas utilizando-se um clorofilômetro manual. Esse tipo de leitura tem como objetivo a obtenção do índice realizado diretamente a campo e os teores de clorofila e N determinados em laboratório.

Após a coleta, cada folha foi dividida em duas partes iguais, sendo que para a determinação dos pigmentos fotossintéticos o material embrulhado em papel alumínio foi submetido a congelamento instantâneo em nitrogênio líquido (-196°C) e armazenado em ultra freezer à -80°C, enquanto que, para a determinação do teor de N as amostras foram secas em estufa de circulação forçada de ar à 50°C até massa constante.

A metodologia utilizada para a determinação dos pigmentos fotossintéticos foi a descrita por Sims e Gamon (2002), pela qual determinou-se os teores de clorofila *a*, clorofila *b*, carotenóides totais e antocianinas. A determinação do teor de N nas folhas foi realizada utilizando-se o método de Kjeldahl.

3.2.5 Trocas gasosas

As leituras de trocas gasosas foram realizadas aos 3, 7 e 11 dias após a emissão da folha bandeira utilizando-se o aparelho portátil de fotossíntese, Infra Red Gas Analyzer (IRGA, Li-6200, Licor Ltda., Lincoln, NE). As medidas de trocas gasosas foram realizadas no período da manhã, entre 9h00 e 11h00, onde foram obtidos os valores de assimilação de carbono (*A*), transpiração (*E*), condutância estomática (*g*), e eficiência do uso da água (*A/E*).

3.2.6 Morfologia da folha bandeira

Considerando a folha bandeira como a folha fisiologicamente mais importante para a planta de trigo foi realizada a avaliação do formato e área média desta folha

para os todos tratamentos. Para tanto, foram coletadas 15 folhas bandeira do colmo principal de cada parcela. Após a coleta, foram determinados o comprimento, a área foliar e a massa de matéria seca de folhas e, em seguida calculou-se a largura média de folhas e a área foliar específica (área foliar/massa da matéria seca).

3.2.7 Componentes da produção e produtividade

Ao final do ciclo da cultura foram avaliados os componentes da produção e a produtividade da cultura. Para a avaliação dos componentes da produção foram coletadas 15 plantas por parcelas, cujos perfilhos foram identificados durante a fase de perfilhamento. Foram determinados o número de espiguetas por espiga, número de grãos por espiguetas, número de grãos por espiga e massa de grãos por espiga para o colmo principal e perfilhos. Determinou-se também o número de espigas por metro quadrado e o incremento do número de perfilhos em resposta à emissão de perfilhos.

Em virtude da desuniformidade na população de plantas dentro das parcelas, a produtividade foi determinada com base na colheita de cinco pontos de 1,5 metros de comprimento pré-identificados e com densidade uniforme, de acordo com os tratamentos. Foram então determinados a produtividade (kg ha^{-1}) corrigida para 13% de umidade, o peso hectolítrico (PH), a massa de 1000 grãos e o teor de N nos grãos.

3.2.8 Sobrevivência e potencial produtivo de perfilhos

A sobrevivência de perfilhos foi determinada no período de antese e ao final do ciclo da cultura, sendo que os valores de número de perfilhos por metro quadrado em cada época foram comparados com o número de perfilhos contados ao final da fase de perfilhamento.

A participação de perfilhos na produção final de grãos em plantas de trigo foi determinada pela relação entre a produção total de grãos por planta e a porcentagem da produção observada no somatório dos perfilhos. O potencial produtivo médio de perfilhos foi definido pela relação entre a produção média de grãos por perfilho e a produção média de grãos no colmo principal, considerando o potencial produtivo do colmo principal como 100%.

3.3 ANÁLISE E APRESENTAÇÃO DOS DADOS

Após tabulados, os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e quando detectadas variações significativas as médias foram contrastadas pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade para os reguladores vegetais e pela análise de regressão para as densidades de semeadura. O programa de análises estatísticas utilizado foi o Sisvar (FERREIRA, D. F. 2003). A análise de correlação de Pearson entre as características morfofisiológicas foi realizada utilizando-se o programa computacional Minitab.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 EMISSÃO DE PERFILHOS

A emissão de perfilhos foi afetada significativamente em função da densidade de plantas de trigo, tanto para valores de número de perfilhos por planta (Tabela 2) como para número de perfilhos por metro quadrado (Tabela 3) durante toda a fase de perfilhamento. A comparação entre reguladores vegetais quanto ao número de perfilhos emitidos não pode ser feita, pois a aplicação de Etil-Trinexapac foi realizada após o término da fase de perfilhamento (fase de alongamento). Portanto, até esta fase de desenvolvimento da cultura apenas a aplicação de Ax+GA+CK havia sido realizada, sem, no entanto, afetar de maneira significativa a emissão de perfilhos.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para número de perfilhos por planta durante a fase de perfilhamento. Botucatu-SP, 2010.

| FV | 18 DAE | 22 DAE | 26 DAE | 30 DAE | 34 DAE | 38 DAE |
|---------------------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|
| Bloco | 1,43 | 3,76 | 5,34* | 8,88** | 5,58* | 5,76* |
| Densidade | 39,01** | 52,83** | 75,92** | 135,06** | 126,11** | 120,05** |
| Regulador | 2,81 | 1,29 | 0,77 | 1,01 | 1,41 | 1,11 |
| D X R | 2,14 | 1,89 | 1,62 | 0,99 | 1,34 | 1,01 |
| CV (%) ¹ | 68,81 | 47,87 | 32,17 | 21,01 | 21,26 | 22,72 |
| CV (%) ² | 43,49 | 31,65 | 23,79 | 19,73 | 17,86 | 16,12 |

* e **: significativo pelo teste F à 5 e 1%, respectivamente; ¹ coeficiente de variação para parcela; ² coeficiente de variação para sub-parcela.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para número de perfilhos por metro quadrado durante a fase de perfilhamento. Botucatu-SP, 2010.

| FV | 18 DAE | 22 DAE | 26 DAE | 30 DAE | 34 DAE | 38 DAE |
|---------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Bloco | 1,78 | 3,39 | 3,78 | 5,15* | 11,04** | 17,04** |
| Densidade | 11,91** | 10,09** | 10,12** | 11,29** | 30,01** | 48,69** |
| Regulador | 2,15 | 0,69 | 0,39 | 0,64 | 1,71 | 1,51 |
| D X R | 1,35 | 1,39 | 1,35 | 0,79 | 1,13 | 0,88 |
| CV (%) ¹ | 85,76 | 65,85 | 47,94 | 32,87 | 15,19 | 12,93 |
| CV (%) ² | 53,26 | 35,56 | 26,71 | 22,78 | 20,54 | 19,64 |

* e **: significativo pelo teste F à 5 e 1%, respectivamente; ¹ coeficiente de variação para parcela; ² coeficiente de variação para sub-parcela.

O aumento da densidade de semeadura resultou em decréscimo significativo na emissão de perfilhos por planta (Figura 6) desde a primeira contagem (18 DAE) até o final da fase de perfilhamento (38 DAE). A emissão de perfilhos apresentou valores mínimos para as menores densidades de semeadura, onde os valores permaneceram próximos à zero. /Para o número de perfilhos por metro quadrado o comportamento foi semelhante (Figura 7), contudo os valores apresentaram decréscimo linear em função do aumento da densidade de semeadura. Neste caso, a redução do número de perfilhos em função do aumento do número de plantas na linha de cultivo é menor em função do ajuste do número de plantas por unidade de área, principalmente no final da fase de perfilhamento (Figuras 7d, 7e e 7f).

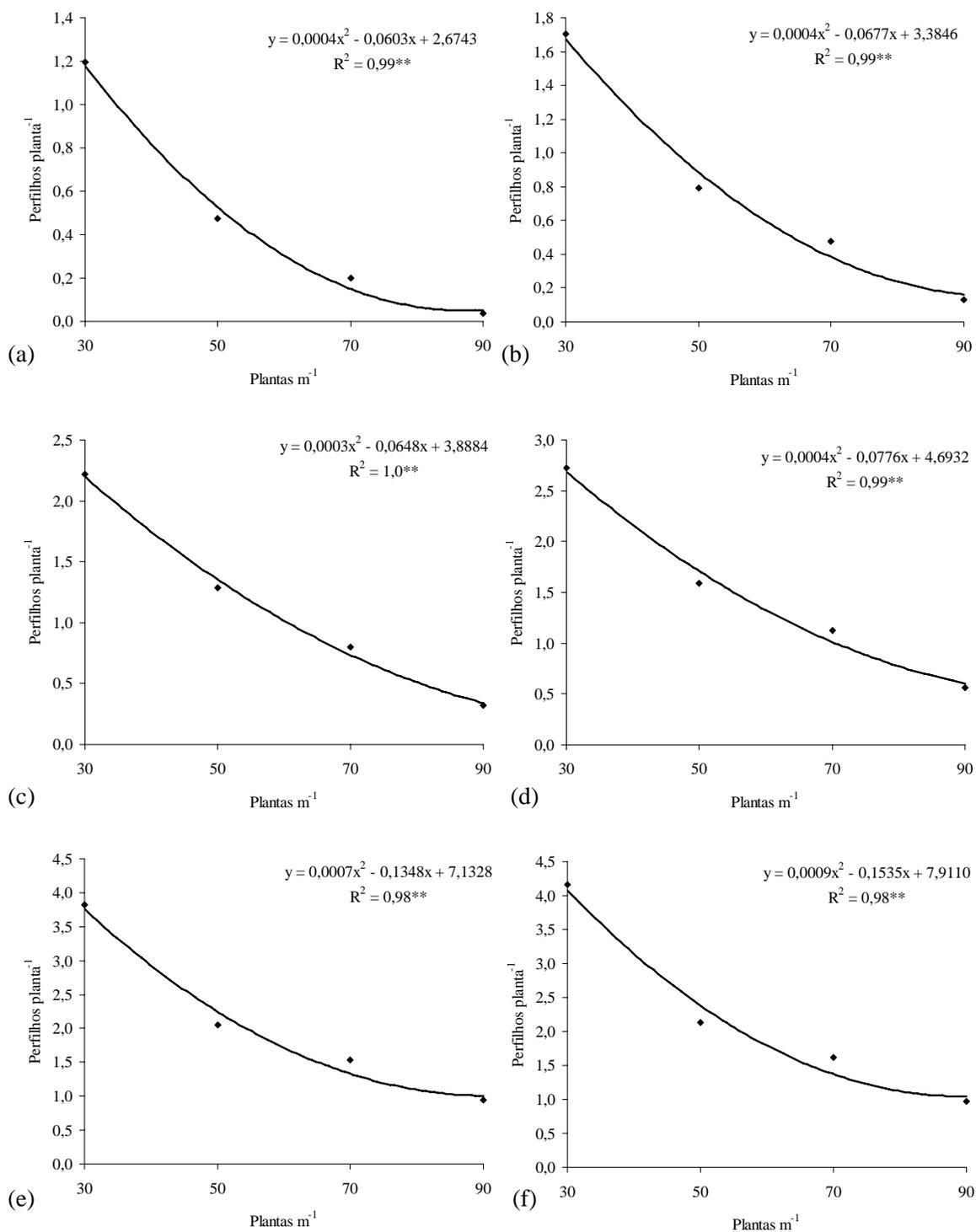


Figura 6. Número de perfilhos por planta aos 18 (a), 22 (b), 26 (c), 30 (d), 34 (e) e 38 (f) dias após a emergência em densidades de sementeira de plantas de trigo (IAC 370). Botucatu-SP, 2010. ******significativo à 1% de probabilidade.

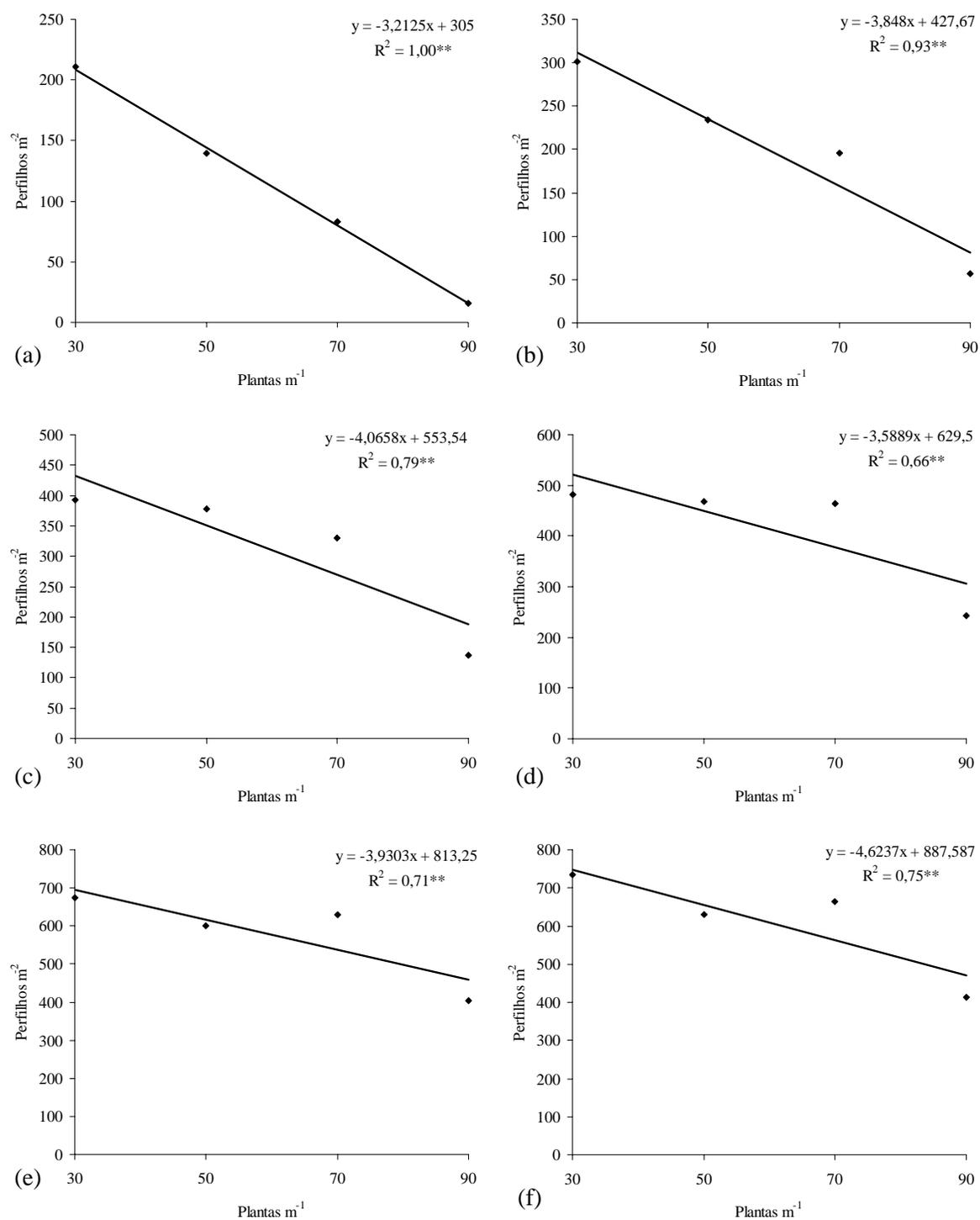


Figura 7. Número de perfilhos por metro quadrado aos 18 (a), 22 (b), 26 (c), 30 (d), 34 (e) e 38 dias após a emergência em densidades de semeadura de plantas de trigo (IAC 370). Botucatu-SP, 2010. ******significativo à 1% de probabilidade.

Conhecer a performance do genótipo e suas interações com o ambiente é fundamental para melhor estimar o número de sementes por metro quadrado no momento da semeadura, sendo que o fator principal envolvido é o potencial de perfilhamento do material (VALÉRIO et al., 2009). O cultivar de trigo utilizado no presente estudo apresentou elevada capacidade de emissão de perfilhos em baixas densidades de cultivo, no entanto este comportamento foi altamente afetado pela competição interespecífica resultante do aumento do número de plantas na linha de cultivo. De acordo com Destro et al. (2001), plantas de trigo em baixas populações produzem mais perfilhos do que em condições de alta densidade de semeadura, apresentando, ao final do ciclo, números similares de espigas por metro quadrado.

A competição entre plantas em comunidades se inicia muito cedo afetando, precocemente, a dominância apical, comportamento este intensificado em função do aumento do número de plantas por unidade de área. A dominância apical é influenciada pela qualidade da luz captada pelo fitocromo, ou seja, pela razão entre os valores de radiação vermelha (V) e vermelha extrema (Ve) da radiação total incidente (BALLARÉ et al., 1992). Almeida e Mundstock (2001) observaram que a melhoria da qualidade da luz, obtida pela adição de luz vermelha, proporcionou maior emissão e distribuição mais equilibrada de massa seca entre perfilhos e o colmo principal de trigo, enquanto a diminuição da qualidade da luz, obtida pela adição de luz vermelha extrema na entrelinha, determinou priorização no acúmulo de massa seca no colmo principal. Neste sentido, é evidente que há interação da luz via fitocromo com os hormônios envolvidos nos processos de cascata de sinais que controlam a emissão e o desenvolvimento de perfilhos em gramíneas (ALVES, 2000).

4.2 ACÚMULO DE MATÉRIA SECA

O acúmulo de matéria seca em plantas de trigo na fase final do perfilhamento (Tabela 4) e na fase de antese (Tabela 5) foi significativamente afetado pela densidade de plantas. No entanto, o acúmulo total de matéria seca por unidade de área não sofreu alteração. A comparação entre os reguladores vegetais utilizados pode ser realizada apenas para o acúmulo de matéria seca no período de antese, pois a primeira coleta foi realizada exatamente na época de aplicação de Etil-Trinexapac, sem haver, portanto, efeito

para esta coleta. A aplicação dos reguladores vegetais o não afetou o acúmulo de matéria seca por planta, nem por unidade de área.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para matéria seca de colmo por planta (MSCP), matéria seca de folhas por planta (MSFP), matéria seca total por planta (MSTP), relação matéria seca de colmos e folhas (C/F), matéria seca de colmo por m² (MSC), matéria seca de folhas por m² (MSF), matéria seca total por m² (MST), na fase final de perfilhamento de plantas de trigo (IAC 370). Botucatu-SP, 2010.

| FV | MSCP | MSFP | MSTP | C/F | MSC | MSF | MST |
|---------------------|---------|---------|---------|-------|-------|-------|-------|
| Bloco | 4,73* | 7,68** | 6,379** | 0,47 | 4,45* | 6,04 | 5,53* |
| Densidade | 65,86** | 86,38** | 79,29** | 6,24* | 1,89 | 0,95 | 1,24 |
| Regulador | 0,53 | 0,69 | 0,64 | 0,13 | 1,01 | 1,35 | 1,28 |
| D X R | 0,61 | 0,69 | 3,61 | 1,07 | 0,92 | 0,84 | 0,89 |
| CV (%) ¹ | 25,11 | 18,84 | 21,07 | 10,88 | 27,34 | 23,52 | 24,52 |
| CV (%) ² | 22,19 | 19,24 | 19,98 | 10,08 | 21,22 | 16,76 | 18,13 |

* e **: significativo pelo teste F à 5 e 1%, respectivamente; ¹ coeficiente de variação para parcela; ² coeficiente de variação para sub-parcela.

Tabela 5. Resumo da análise de variância para matéria seca de colmo por planta (MSCP), matéria seca de folhas por planta (MSFP), matéria seca de espigas por planta (MSEP), matéria seca total por planta (MSTP), relação matéria seca de colmos e folhas (C/F), matéria seca de colmo por m² (MSC), matéria seca de folhas por m² (MSF), matéria seca de espigas por m² (MSE) matéria seca total por m² (MST), na fase de antese de plantas de trigo (IAC 370). Botucatu-SP, 2010.

| FV | MSCP | MSFP | MSEP | MSTP | C/F | MSC | MSF | MSE | MST |
|---------------------|---------|----------|---------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Bloco | 0,39 | 3,08 | 0,23 | 0,62 | 1,58 | 0,18 | 2,40 | 0,21 | 0,30 |
| Densidade | 96,78** | 155,30** | 25,69** | 88,12** | 0,63 | 1,72 | 1,66 | 0,31 | 1,41 |
| Regulador | 1,04 | 0,87 | 0,42 | 0,76 | 2,09 | 0,52 | 0,58 | 0,13 | 0,22 |
| D X R | 0,06 | 1,18 | 1,26 | 1,33 | 0,49 | 0,87 | 0,94 | 0,98 | 0,87 |
| CV (%) ¹ | 19,13 | 16,13 | 35,43 | 20,16 | 21,35 | 16,24 | 17,60 | 30,63 | 16,48 |
| CV (%) ² | 18,71 | 19,54 | 23,90 | 18,32 | 18,26 | 20,03 | 18,92 | 25,63 | 18,92 |

* e **: significativo pelo teste F à 5 e 1%, respectivamente; ¹ coeficiente de variação para parcela; ² coeficiente de variação para sub-parcela.

A competição entre plantas decorrente do aumento da densidade de cultivo resultou em redução no acúmulo de matéria seca de plantas de trigo no final da fase de perfilhamento (Figura 8) e na fase de antese (Figura 9). O maior acúmulo de matéria seca por planta em menores densidades é um reflexo claro do elevado número de perfilhos emitidos por planta nessas condições (Figuras 6 e 7), tendo em vista que cada perfilho emitido é constituído de colmo e folhas próprios, que participam ativamente do processo de assimilação e acúmulo de matéria seca.

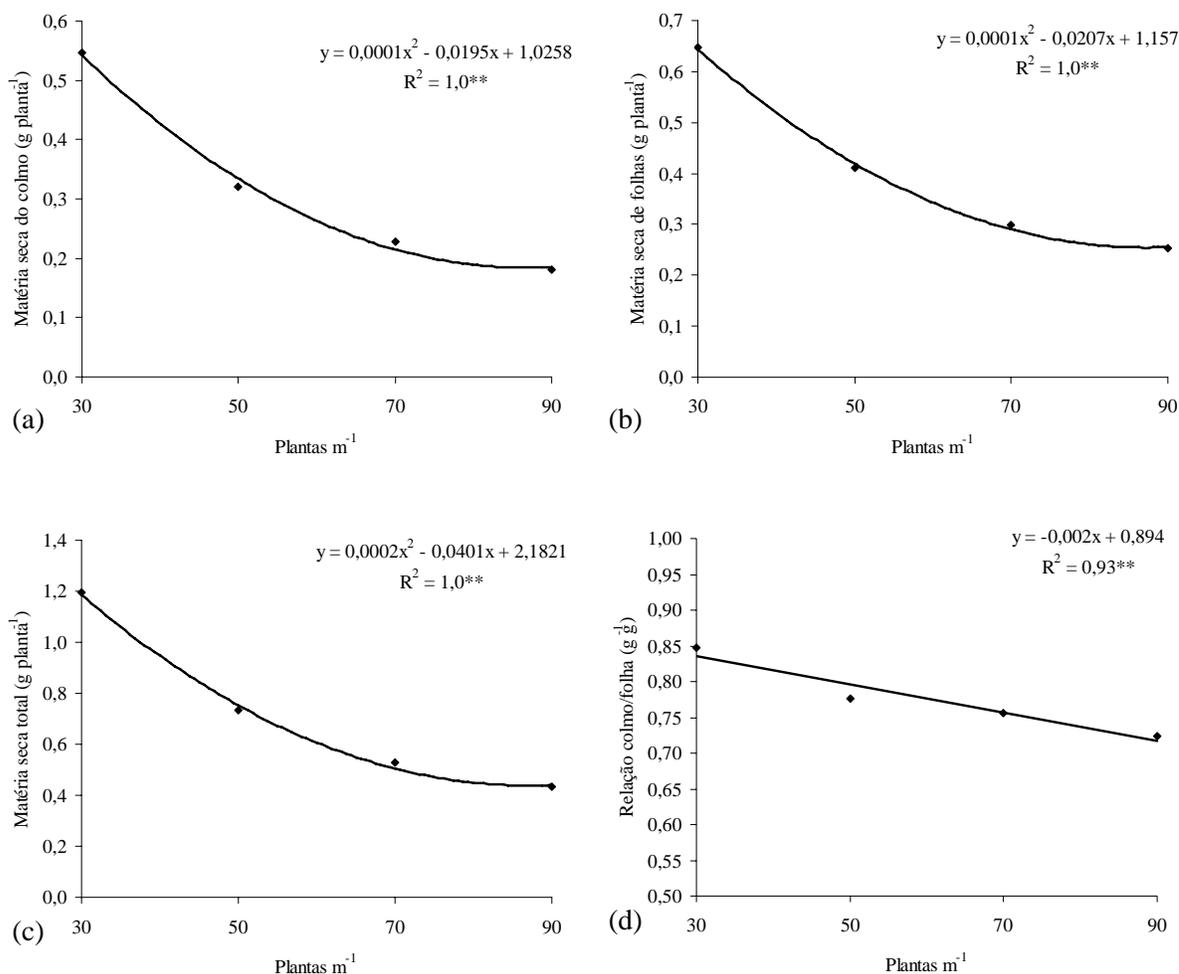


Figura 8. Acúmulo de matéria seca de colmo (a), folhas (b), matéria seca total por planta (c) e relação entre o acúmulo de matéria seca de colmo e folhas (d) na fase final de perfilhamento em densidades crescentes de plantas de trigo (IAC 370). Botucatu-SP, 2010. **significativo à 1% de probabilidade.

O maior acúmulo de matéria seca pelos perfilhos, em ambiente de melhor qualidade da luz captada pelo fitocromo (baixas populações de planta), poderia estar ligado ao maior crescimento foliar, que ocorre, principalmente, em função do aumento do número de células (ALMEIDA e MUNDSTOCK, 2001), que, por sua vez, está correlacionado com o aparecimento de novas folhas e perfilhos (SKINNER e NELSON, 1994). Com o aumento do número de plantas por unidade de área, observou-se uma tendência de redução no crescimento de folhas, em relação ao desenvolvimento do colmo da planta (Figura 8d) em função da redução do espaço entre plantas na linha de cultivo.

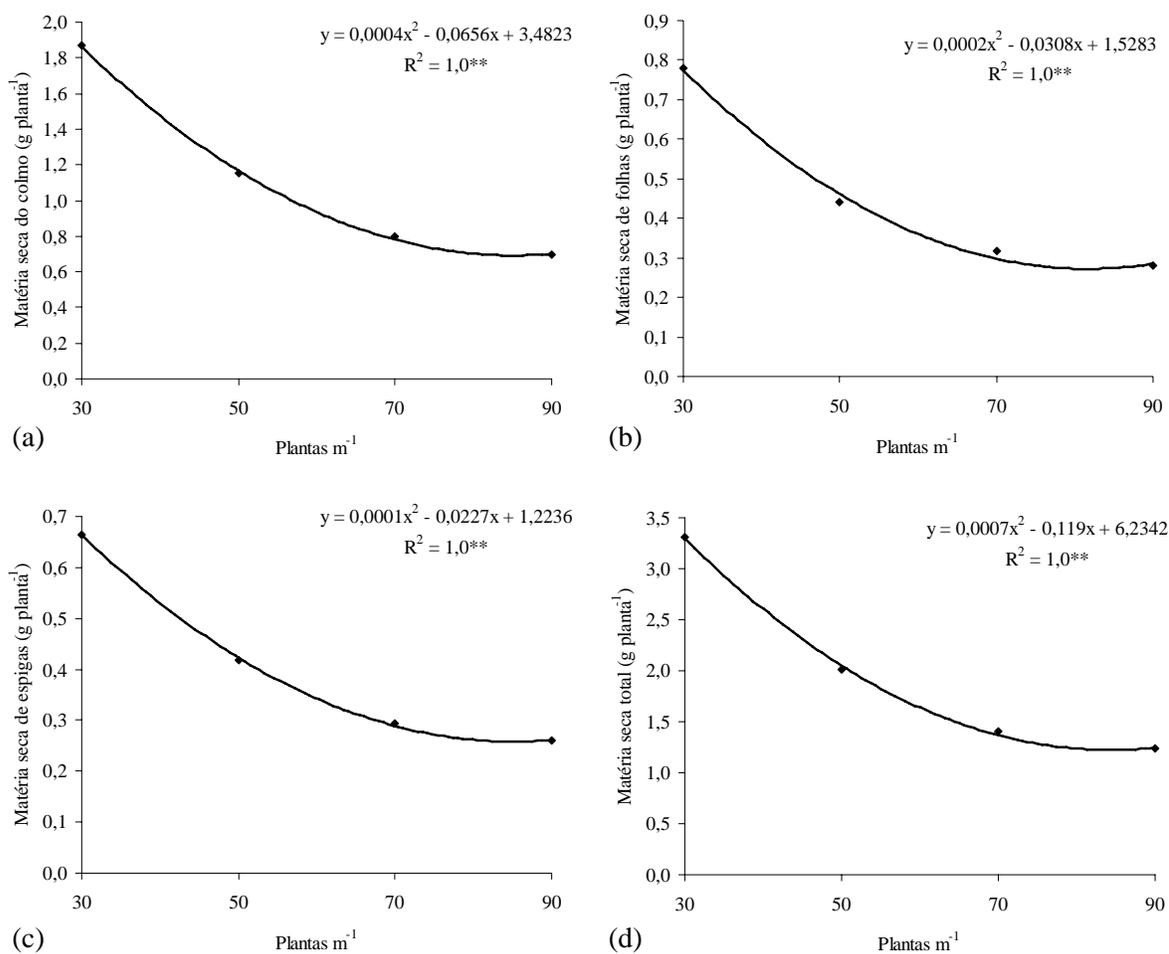


Figura 9. Acúmulo de matéria seca de colmo (a), de folhas (b), de espigas (c) e matéria seca total por planta (d) na fase de antese em populações crescentes de plantas de trigo (IAC 370). Botucatu-SP, 2010. **significativo à 1% de probabilidade.

A ausência de diferenças significativas para os valores de acúmulo de matéria seca por unidade de área com o aumento da densidade de plantas, principalmente na fase antese (Tabela 5), indica o grau de plasticidade no desenvolvimento de plantas de trigo em condição de baixa densidade de semeadura. A emissão de perfilhos, bem como o maior acúmulo de matéria seca individual de plantas funcionou como mecanismo de compensação para o menor número de plantas por unidade de área. Valério et al. (2009) relatam que a capacidade da cultura do trigo em compensar a redução do número de plantas através da emissão de perfilhos e acúmulo de assimilados nessas estruturas é altamente variável em função do potencial do genótipo em produzir perfilhos.

O acúmulo de assimilados na fase de pré-antese é uma característica de grande importância para o enchimento de grãos e, conseqüentemente para a produtividade da cultura do trigo. Este é um período crítico, pois, a partir da fase de pré-antese os fotoassimilados produzidos pela fonte começam a diminuir em função da senescência foliar, que se acentuam ainda mais em situação de estresse hídrico quando a demanda do dreno é maior. Dessa forma, as reservas do colmo são essenciais para manter níveis adequados de produtividade (BLUM, 1998). Maior disponibilidade de assimilados próximo a antese pode representar mais flores férteis e, conseqüentemente, sementes em maior número e tamanho, com maior capacidade de formar grãos cheios (RODRIGUES, 2000).

4.3 ALTURA DE PLANTAS E DISTÂNCIA ENTRE FONTE E DRENO

A densidade de plantas não afetou o crescimento em altura de plantas de trigo em nenhuma das épocas de avaliação (Tabela 6). O efeito da aplicação de reguladores vegetais pode ser verificado a partir do oitavo dia após o início da fase de alongamento da cultura (68 DAE) até a definição da altura final de plantas (88 DAE), independente da densidade de plantas estudada.

Tabela 6. Resumo da análise de variância para altura de plantas de trigo. Botucatu-SP, 2010.

| FV | 60 DAE | 64 DAE | 68 DAE | 72 DAE | 76 DAE | 80 DAE | 84 DAE | 88 DAE |
|---------------------|---------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|----------|
| Bloco | 22,24** | 1,22 | 1,86 | 2,69 | 1,95 | 2,95 | 2,49 | 2,11 |
| Densidade | 0,71 | 0,93 | 0,16 | 1,21 | 1,61 | 1,45 | 0,89 | 0,49 |
| Regulador | 0,71 | 2,68 | 8,93** | 35,06** | 34,80** | 53,67** | 35,88** | 166,32** |
| D X R | 0,14 | 1,81 | 0,81 | 0,83 | 0,88 | 0,37 | 1,11 | 1,02 |
| CV (%) ¹ | 5,03 | 6,71 | 7,07 | 7,51 | 7,67 | 5,77 | 6,68 | 7,02 |
| CV (%) ² | 4,36 | 4,16 | 4,63 | 4,28 | 4,25 | 3,89 | 5,58 | 3,45 |

* e **: significativo pelo teste F à 5 e 1%, respectivamente; ¹ coeficiente de variação para parcela; ² coeficiente de variação para sub-parcela.

O acamamento é um dos fatores que pode limitar a produção de grãos de trigo de modo expressivo, dependendo da intensidade e do estágio de desenvolvimento da planta em que ocorre, sendo que a antese parece ser o estágio de maior sensibilidade (CRUZ et al., 2003). O manejo da altura de plantas visando à prevenção de perdas por acamamento é feito através da aplicação de reguladores vegetais da classe dos inibidores da biossíntese de

GA, sendo que o ponto chave para a aplicação é o início da fase de alongamento. A fase de alongamento na cultura do trigo é marcada por um pico de crescimento em altura como resposta ao aumento da atividade biológica de GA nos meristemas intercalares do colmo que confere o aumento da divisão e expansão celular dos internós (TAIZ e ZEIGER, 2009).

No presente estudo, o aumento da atividade de giberelinas ficou bastante visível após os 64 DAE (Figura 10). O controle e as plantas submetidas à aplicação de Ax+GA+CK apresentaram comportamento bastante semelhante para o crescimento em altura, sem diferirem entre si. A eficiência da aplicação de Etil-Trinexapac em inibir a biossíntese de GA ficou evidente a partir do oitavo dia (68 DAE) após o início do alongamento e também da sua aplicação nas plantas (60 DAE), sendo que não foram observadas diferenças entre a aplicação de Etil-Trinexapac de maneira isolada ou combinada com Ax+GA+CK. A diminuição da altura de plantas pela aplicação de Etil-Trinexapac também foi observada por Zagonel et al., (2002), Berti et al. (2007), Zagonel e Fernandes (2007) e Espindula et al. (2010).

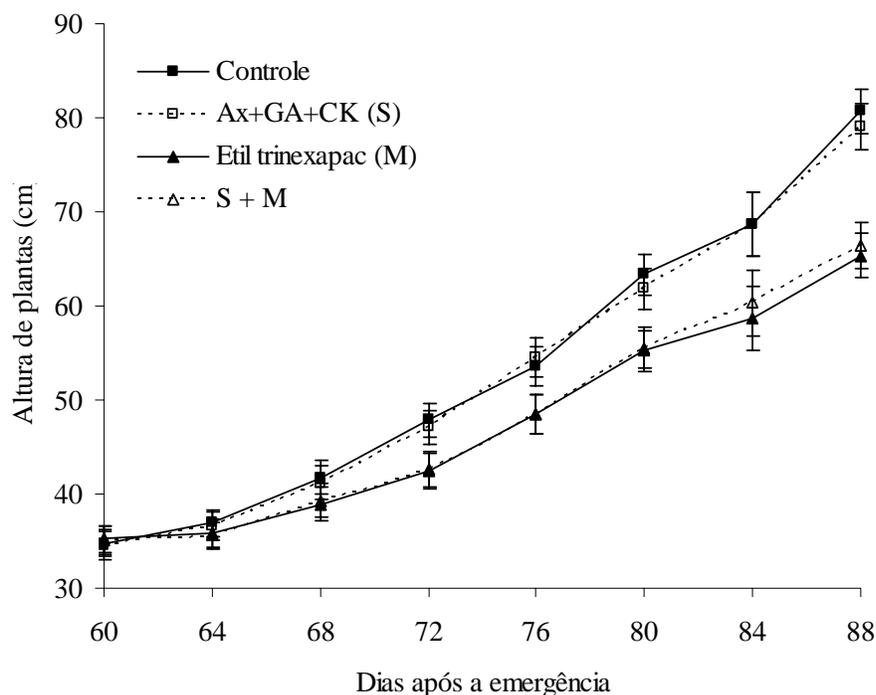


Figura 10. Altura de plantas de trigo (IAC 370) em função da aplicação de Ax+CK+GA no início do perfilhamento e de Etil-Trinexapac no início da fase de alongamento de plantas, Botucatu-SP, 2010. As barras verticais representam os valores de dms, pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Os reguladores vegetais classificados como inibidores da biossíntese de GA são divididos em três classes, e cada classe específica interrompe um dos três estádios da síntese de giberelinas. O Etil-Trinexapac, além de outros, atua no estágio 3, que ocorre no citoplasma, onde se tem a formação de todas as GAs bioativas (RADEMACHER, 2000). Uma comparação entre diferentes classes de inibidores da biossíntese de GA foi realizada por (ESPINDOLA et al., 2010). A aplicação de Etil-Trinexapac promoveu menor comprimento do colmo em plantas de trigo sendo seguido pelo cloreto de Clormequat (inibidor da 1ª fase de síntese) e este pelo Paclobutrazol (inibidor da 2ª fase de síntese). Contudo, a maior efetividade da aplicação de Etil-Trinexapac parece estar associada à inibição da síntese do ácido giberélico (GA1), uma das formas endógenas mais ativas de giberelina (HECKMAN et al., 2002).

Considerando que a tolerância ao acamamento em plantas de trigo está associada ao porte reduzido e ao diâmetro do colmo (CRUZ et al., 2001), plantas cultivadas em ambiente de competição por luz, seja por altas densidades de cultivo ou por manejo excessivo de nitrogênio tornam-se mais sensíveis ao acamamento (ZAGONEL et al., 2002), que reduz as taxa de assimilação e translocação de fotoassimilados, além de aumentar a incidência e a severidade de doenças. No presente estudo, em função das condições climáticas favoráveis, com baixa frequência de chuvas e ventos fortes, não houve ocorrência de acamamento de plantas, mesmo em condição de cultivo sem aplicação de Etil-Trinexapac.

As características determinantes da distância entre a fonte (folha bandeira) e dreno (espiga) de plantas de trigo foram afetadas pela densidade de plantas bem como pela aplicação dos reguladores vegetais (Tabela 7), contudo não houve interação entre os fatores de estudo para nenhuma das características.

O aumento do número de plantas na linha de cultivo resultou em redução no comprimento da bainha, e da distância entre o último nó e a espiga, que refletiu de maneira direta na distância total de movimento de fotoassimilados da folha bandeira (fonte) e os grãos na espiga (dreno) (Figura 11). Observa-se que mesmo sem haver diferenças significativas para altura de plantas (Tabela 6), a variação na quantidade de plantas por unidade de área resultou em alterações morfológicas que poderiam ser observadas apenas através de uma avaliação mais detalhada das plantas.

Tabela 7. Resumo da análise de variância para comprimento da bainha da folha bandeira (CB), distância entre o último nó e a espiga (nó-espiga) e distância entre a folha bandeira e a espiga de plantas de trigo. Botucatu-SP, 2010.

| FV | CB | Nó-espiga | Folha-espiga |
|---------------------|---------|-----------|--------------|
| Bloco | 0,95 | 2,58 | 2,89 |
| Densidade | 12,23** | 3,94* | 6,66** |
| Regulador | 26,14** | 18,82** | 23,19** |
| D X R | 1,54 | 1,37 | 1,47 |
| CV (%) ¹ | 4,04 | 7,49 | 5,45 |
| CV (%) ² | 3,78 | 8,54 | 6,48 |

* e **: significativo pelo teste F à 5 e 1%, respectivamente; ¹ coeficiente de variação para parcela; ² coeficiente de variação para sub-parcela.

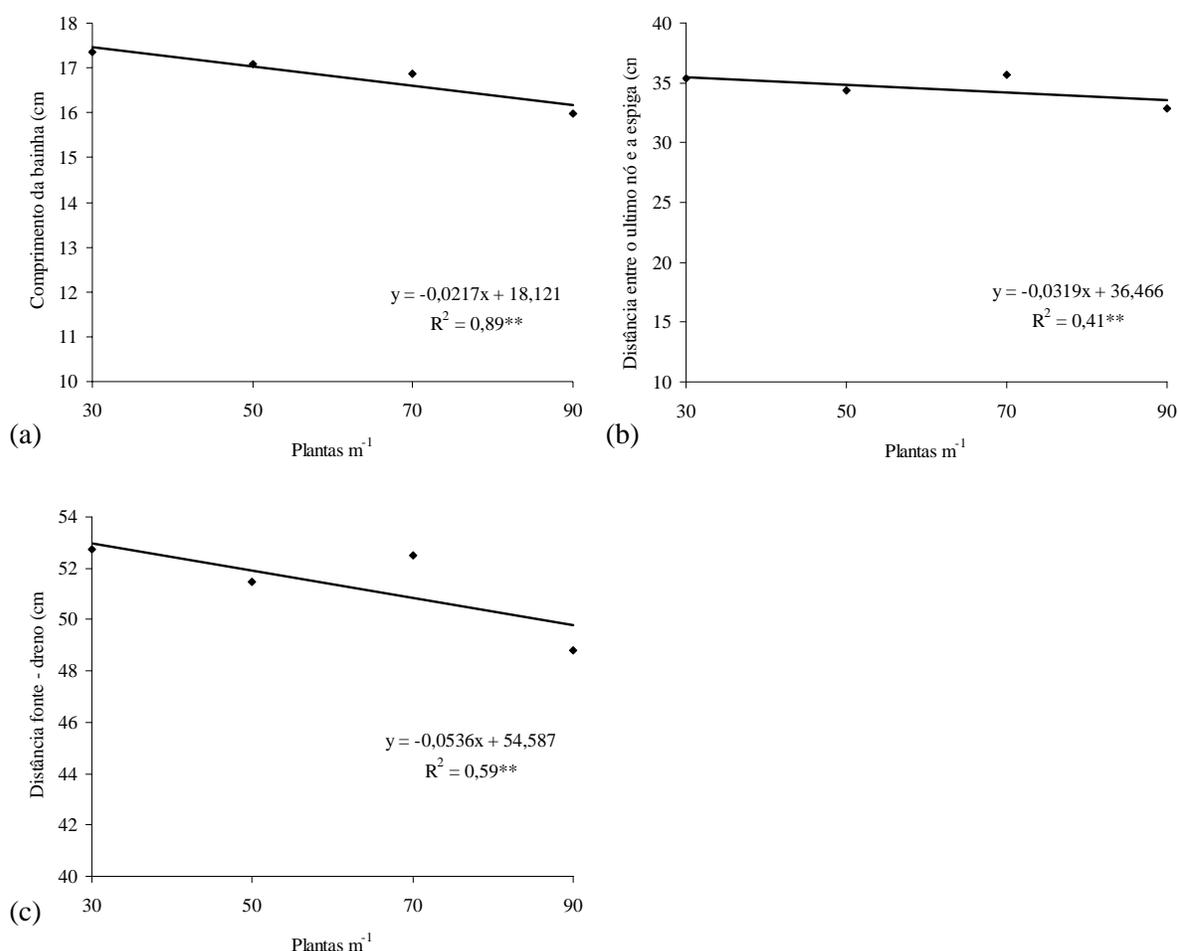


Figura 11. Comprimento da bainha da folha bandeira (a), distância entre o último nó e a espiga (b) e distância entre fonte e dreno (c) em densidades crescentes de plantas de trigo (IAC 370). Botucatu-SP, 2010. **significativo à 1% de probabilidade.

A aplicação de Etil-Trinexapac, de maneira isolada ou associada à aplicação de Ax+GA+CK na fase de perfilhamento, resultou em decréscimo acentuado da distância entre fonte e dreno em plantas de trigo quando comparada com os tratamentos sem a aplicação do regulador (Tabela 8). Observou-se que o encurtamento da distância entre a folha bandeira e a espiga parece estar mais associado com a redução do crescimento do último entrenó do colmo do que com o comprimento da bainha da folha, embora os dois comportamentos sejam significativos. Pode-se ressaltar, portanto, o prolongamento do efeito da inibição da biossíntese de GA provocado pela aplicação de Etil-Trinexapac na fase de alongamento dos primeiros entrenós da planta, o qual interferiu de maneira significativa no desenvolvimento do último entrenó das plantas.

Tabela 8. Comparação de médias para o comprimento da bainha da folha bandeira (CB), distância entre o último nó e a espiga (DNF) e a distância entre fonte e dreno (DFD) em função da aplicação Ax+CK+GA no início do perfilhamento e de Etil-Trinexapac no início da fase de alongamento de plantas de trigo (IAC 370), Botucatu-SP, 2010.

| Regulador | CB (cm) | DNF (cm) | DFD (cm) |
|---------------------|---------|----------|----------|
| Controle | 17,49 a | 36,98 a | 54,47 a |
| Ax+GA+CK (S) | 17,56 a | 37,61 a | 55,17 a |
| Etil-Trinexapac (M) | 16,05 b | 31,37 b | 47,42 b |
| S + M | 16,19 b | 32,25 b | 48,43 b |
| Dms | 0,61 | 2,81 | 3,17 |

Médias seguidas da mesma letra, na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

O transporte de açúcares pelo floema pode ocorrer entre órgãos distantes, mas normalmente um dreno é suprido de fotoassimilados pelas fontes próximas e, as relações fonte/dreno da planta, são continuamente modificadas com o desenvolvimento do vegetal (PIMENTEL, 1998). Para a cultura do trigo identificam-se duas fontes principais de fotoassimilados para os grãos em crescimento: uma originada diretamente da fotossíntese atual e outra a partir da remobilização de fotoassimilados armazenados temporariamente em outros órgãos da planta, principalmente nos colmos (SIMMONS, 1987). As duas características ocorrem em diferentes materiais e são de grande importância para a produção de grãos, principalmente em regiões sujeitas a ocorrência de déficit hídrico (INOUE et al., 2004). Considerando-se que o transporte de carboidratos entre a fonte e o dreno envolve uma série de processos metabólicos ativos e passivos, o encurtamento da distância entre a folha e a espiga

em plantas de trigo pode resultar em aumento da taxa de translocação de assimilados, com reflexos significativos na produtividade de grãos.

4.4 NITROGÊNIO, PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS E ÍNDICE SPAD

A aplicação de reguladores vegetais provocou alterações fisiológicas significativas em plantas de trigo, verificadas através dos valores de nitrogênio, índice SPAD e pigmentos fotossintéticos no período de antese (Tabela 9). A interação entre o aumento da densidade de plantas e a aplicação de reguladores vegetais foi verificada apenas para o índice SPAD, sendo que as demais características fisiológicas não foram afetadas pelo incremento do número de plantas na linha de cultivo. Os teores de N em grãos, clorofila *b* relação clorofilas *a/b* e antocianinas não foram alterados pelos tratamentos estudados.

Tabela 9. Resumo da análise de variância para teores de nitrogênio foliar (N foliar) e em grãos (N grão), índice SPAD, e teores foliares de clorofila *a* (Cla), clorofila *b* (Clb), relação entre clorofilas *a/b* (Cla/b), teor total de clorofila (Cl *a+b*), carotenóides (Car) e antocianinas (Ant) de plantas de trigo. Botucatu-SP, 2010.

| FV | N foliar | N grão | SPAD | Cla | Clb | Cla/b | Cla+b | Car | Ant |
|---------------------|----------|--------|---------|--------|---------|----------|--------|-------|---------|
| Bloco | 9,11** | 0,78 | 2,51 | 1,72 | 56,63** | 139,07** | 6,68** | 0,26 | 39,25** |
| Densidade | 0,18 | 0,36 | 4,34* | 0,32 | 0,32 | 0,39 | 0,27 | 1,12 | 0,41 |
| Regulador | 3,03* | 0,75 | 15,55** | 5,70** | 2,01 | 2,07 | 4,38** | 3,66* | 1,27 |
| D X R | 2,33* | 0,43 | 2,59* | 0,46 | 0,91 | 1,09 | 0,68 | 0,78 | 0,76 |
| CV (%) ¹ | 7,03 | 24,22 | 4,06 | 22,95 | 16,61 | 7,71 | 20,02 | 13,88 | 28,89 |
| CV (%) ² | 6,86 | 19,14 | 2,85 | 10,12 | 16,35 | 6,49 | 10,45 | 8,95 | 28,67 |

* e **: significativo pelo teste F à 5 e 1%, respectivamente; ¹ coeficiente de variação para parcela; ² coeficiente de variação para sub-parcela.

O aumento do número de plantas na linha de cultivo resultou em decréscimo na intensidade de coloração verde da folha bandeira em plantas de trigo (Figura 13). Com exceção da combinação entre a aplicação de Ax+GA+CK e Etil-Trinexapac, todos os tratamentos apresentaram decréscimo do índice SPAD em resposta ao aumento da densidade. Contudo o decréscimo do índice foi mais intenso em resposta ao número de plantas por unidade de área para o tratamento controle e para a aplicação de Ax+GA+CK. A competição entre plantas de uma comunidade aumenta em função do aumento na densidade de plantas. Essa competição é mais intensificada em fases de desenvolvimento onde a

necessidade de fatores do meio é máxima, como na antese. Portanto, a redução do índice SPAD com o aumento do número de plantas é um reflexo claro da competição entre plantas, esteja o índice relacionado aos teores de nitrogênio ou simplesmente aos pigmentos fotossintéticos.

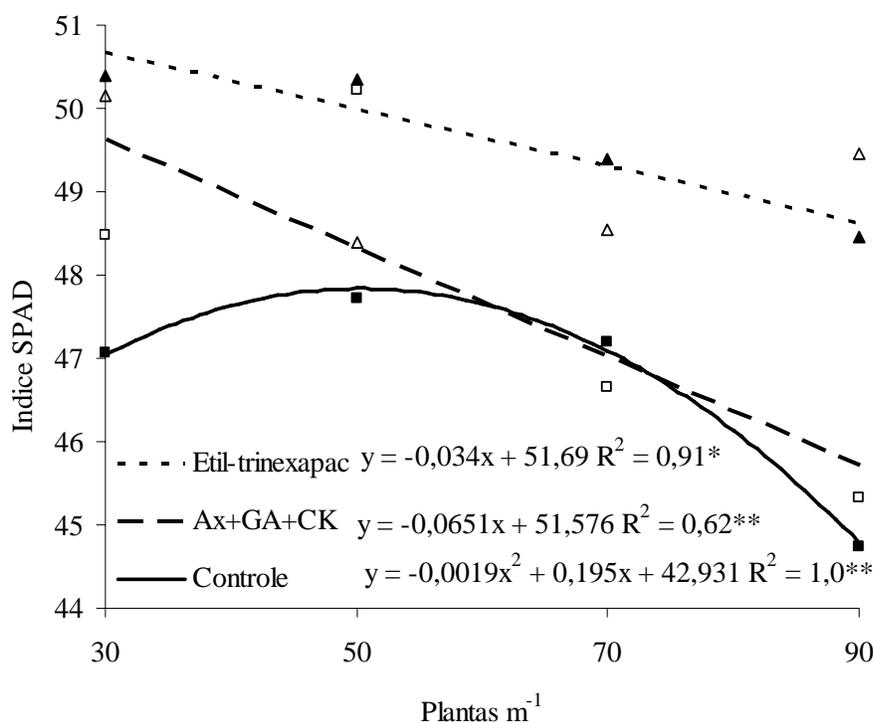


Figura 12. Desdobramento dos valores de índice SPAD para a aplicação densidades crescentes de plantas de trigo (IAC 370) em função da aplicação de Ax+CK+GA no início do perfilhamento e de Etil-Trinexapac no início da fase de alongamento de plantas, Botucatu-SP, 2010. **significativo à 1% de probabilidade.

A aplicação de Etil-Trinexapac, de maneira isolada ou combinada com Ax+GA+CK resultou em aumento na intensidade da coloração verde em plantas de trigo para as populações de planta estudadas (Tabela 10). A competição entre plantas em maiores densidades de cultivo resultou em menor acúmulo de matéria seca por planta, em colmos e folhas, conforme observado nas Figuras 8 e 9. Por outro lado, o aumento da densidade de plantas não teve efeito sobre a altura de plantas, observado apenas para a aplicação de Etil-Trinexapac (Figura 10). Portanto, plantas com o mesmo acúmulo de matéria seca (mesma densidade) e com redução nos valores de altura tornam-se mais compactas, fato que pode estar relacionado a maior concentração de metabólitos de maneira geral, como carboidratos,

proteínas e nutrientes. Este comportamento pode então estar associado ao aumento do índice SPAD nessas condições de cultivo.

Tabela 10. Desdobramento dos valores de índice SPAD para a aplicação de reguladores vegetais em densidades crescentes de plantas de trigo (IAC 370). Botucatu-SP, 2010.

| | Plantas m ⁻¹ | | | |
|---------------------|-------------------------|----------|----------|---------|
| | 30 | 50 | 70 | 90 |
| Controle | 47,08 b | 47,73 b | 47,20 ab | 44,75 b |
| Ax+GA+CK (S) | 48,48 ab | 50,26 ab | 46,65 b | 45,33 b |
| Etil-Trinexapac (M) | 50,40 a | 50,35 a | 49,40 a | 48,45 a |
| S + M | 50,15 a | 48,40 ab | 48,55 ab | 49,45 a |
| dms | 2,62 | | | |

Médias seguidas da mesma letra, na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

A aplicação de Etil-Trinexapac provocou redução significativa nos teores de clorofila *a* clorofila total e de carotenóides (Tabela 11). Os maiores teores de nitrogênio foliar foram observados em plantas tratadas com Etil-Trinexapac, no entanto os valores diferiram significativamente apenas dos observados para a aplicação de Ax+GA+CK. A aplicação combinada de Etil-Trinexapac e Ax+GA+CK apresentou comportamento intermediário para essas características, apresentando o mesmo comportamento da aplicação isolada de Etil-Trinexapac apenas para os teores de clorofila *a*.

Tabela 11. Comparação de médias para os teores foliares de nitrogênio (N foliar), clorofila *a* (*cl_a*), clorofila total (*Cl a+b*) e carotenóides (*Car*) em plantas de trigo (IAC 370) em função da aplicação de Ax+CK+GA no início do perfilhamento e de Etil-Trinexapac no início da fase de alongamento de plantas, Botucatu-SP, 2010.

| Regulador | N Foliar (g kg ⁻¹) | Cl _a (ug g ⁻¹) | Cl <i>a+b</i> (ug g ⁻¹) | Car (ug g ⁻¹) |
|---------------------|--------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|
| Controle | 37,24 ab | 1758,83 a | 2544,59 a | 535,42 a |
| Ax+GA+CK (S) | 36,46 b | 1682,08 ab | 2445,52 ab | 522,22 ab |
| Etil-Trinexapac (M) | 39,25 a | 1546,40 b | 2237,88 b | 483,76 b |
| S + M | 37,71 ab | 1570,72 b | 2352,20 ab | 510,71 ab |
| dms | 2,46 | 158,09 | 238,33 | 43,73 |

Médias seguidas da mesma letra, na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

As leituras efetuadas pelo medidor portátil de clorofila correspondem ao teor relativo de clorofila presente na folha da planta, sendo que os valores são calculados pelo equipamento com base na quantidade de luz transmitida pela folha, em dois

comprimentos de ondas, com diferentes absorbâncias da clorofila (MINOLTA, 1989). As regiões de picos de absorbância da clorofila são o azul e o vermelho, enquanto as de baixa absorbância situam-se nas regiões do verde e as de absorbância extremamente baixa na região do infravermelho (HENDRY, 1993).

A luz que passa através da amostra da folha atinge um receptor (fotodiodo de silicone) que converte a luz transmitida em sinais elétricos analógicos. Através do conversor A/D, estes sinais são amplificados e convertidos em sinais digitais (MINOLTA, 1989) e são usados por um microprocessador para calcular os valores SPAD (Soil Plant Analysis Development), que são mostrados num visor. Os valores obtidos têm relação proporcional ao teor de clorofila presente na folha. Alguns pesquisadores têm demonstrado a existência de relação entre índice de esverdeamento e teor de clorofila na folha (DWYER et al., 1995) e sua utilização na recomendação da adubação nitrogenada (SENA JÚNIOR et al., 2008) em cereais.

A metodologia utilizada para predizer a necessidade de adubação suplementar de N em cereais, através do teor de clorofila avaliado em um medidor portátil, baseia-se na criação de variabilidade no início de desenvolvimento das culturas (ARGENTA et al., 2001). Em trigo, FOX et al. (1994) constataram que a resposta ao fertilizante nitrogenado foi incorretamente predita em 20% e 4% dos tratamentos, respectivamente, quando se utilizou valores críticos de concentração de N e leitura SPAD. Estes resultados indicam que a leitura SPAD é melhor parâmetro para predizer a necessidade de N do que o teor de N (ARGENTA et al., 2001).

Os resultados obtidos no presente estudo revelam que o aumento da intensidade de coloração verde (índice SPAD), em decorrência da aplicação de Etil-Trinexapac, está mais associado ao teor de nitrogênio foliar do que com o teor de clorofila (Tabela 12), contrapondo os resultados encontrados na literatura. De acordo com a análise de correlação de Pearson os valores de índice SPAD apresentaram correlação positiva com os valores de nitrogênio total na folha bandeira no período de antese. Para os demais caracteres fisiológicos não houve correlações significativas, exceto para as relações entre pigmentos, que já era esperado. O fato das determinações dos índices fisiológicos terem sido realizadas nos mesmos pontos de coleta, conforme descrito no item 3.2.4, aumenta o grau de confiabilidade nos resultados obtidos, no entanto, existe a possibilidade de que estas relações possam ser

alteradas de acordo com a fase de desenvolvimento da cultura por se tratar de um grupo de características altamente dinâmicas no metabolismo da planta.

Tabela 12. Análise de correlação de Pearson para características fisiológicas de plantas de trigo.

| | N Foliar ¹ | SPAD | Cl <i>a</i> | Cl <i>b</i> | Cl <i>a/b</i> | Cl <i>a+b</i> |
|----------------------------|-----------------------|-------|-------------|-------------|---------------|---------------|
| SPAD ² | 0,46** | | | | | |
| Cl <i>a</i> ³ | -0,04 | -0,11 | | | | |
| Cl <i>b</i> ⁴ | 0,23 | 0,11 | 0,63** | | | |
| Cl <i>a/b</i> ⁵ | -0,34 | -0,24 | -0,32 | -0,91** | | |
| Cl <i>a+b</i> | 0,10 | -0,00 | 0,90** | 0,90** | -0,67** | |
| N grão ⁶ | 0,16 | 0,06 | 0,03 | 0,26 | -0,26 | 0,15 |

**Significativo pelo teste F à 5% de probabilidade; ¹ teor de nitrogênio foliar; ² índice SPAD; ³ teor de clorofila *a*; ⁴ teor de clorofila *b*; ⁵ relação clorofila *a/b*; ⁶ teor de nitrogênio em grãos.

4.5 TROCAS GASOSAS

As trocas gasosas da folha bandeira foram afetadas pelos tratamentos estudados para as três leituras (Tabela 13). A assimilação líquida de carbono foi afetada somente pelas densidades de semeadura, enquanto a transpiração foi afetada pelas densidades de semeadura e pela aplicação de reguladores de crescimento. A interação entre os fatores de estudo foi observada apenas para eficiência de uso da água aos 3 dias após a emissão da folha, sendo que para os 7 dias após a emissão houve significância apenas para as densidades de semeadura. Os valores de condutância estomática foram significativos para as densidades de semeadura para as três leituras, e para os reguladores de crescimento apenas água aos 3 dias após a emissão da folha.

Tabela 13. Resumo da análise de variância para os valores de trocas gasosas da folha bandeira de plantas de trigo. Botucatu-SP, 2010.

| FV | Assimilação de Carbono (A) | | | Transpiração (E) | | |
|-----------|----------------------------|--------|--------|------------------|---------|---------|
| | 3 DAE | 7 DAE | 11 DAE | 3 DAE | 7 DAE | 11 DAE |
| Bloco | 0,29 | 1,94 | 0,27 | 1,01 | 2,13 | 3,88* |
| População | 14,79** | 7,84** | 5,59** | 97,79** | 44,03** | 67,57** |
| Regulador | 0,99 | 1,12 | 1,97 | 9,14** | 2,85* | 5,32** |
| P X R | 1,48 | 1,31 | 1,51 | 1,02 | 0,77 | 1,83 |
| CV (%) 1 | 12,57 | 10,26 | 24,62 | 7,52 | 8,81 | 6,54 |
| CV (%) 2 | 15,06 | 12,91 | 19,12 | 10,06 | 11,09 | 10,19 |

| FV | Eficiência do uso da água (EUA) | | | Condutância estomática (gs) | | |
|-----------|---------------------------------|-------|--------|-----------------------------|---------|---------|
| | 3 DAE | 7 DAE | 11 DAE | 3 DAE | 7 DAE | 11 DAE |
| Bloco | 0,13 | 0,17 | 0,19 | 1,16 | 1,29 | 8,22** |
| População | 10,49** | 5,29* | 0,99 | 11,44** | 22,92** | 75,58** |
| Regulador | 6,10** | 1,13 | 0,81 | 6,05** | 0,94 | 1,18 |
| P X R | 4,03** | 1,63 | 1,00 | 1,72 | 0,81 | 1,75 |
| CV (%) 1 | 10,75 | 14,99 | 28,50 | 12,26 | 12,77 | 7,22 |
| CV (%) 2 | 11,99 | 16,67 | 20,19 | 13,08 | 14,06 | 17,30 |

* e **: significativo pelo teste F à 5 e 1%, respectivamente; ¹ coeficiente de variação para parcela; ² coeficiente de variação para sub-parcela.

A assimilação de carbono aumentou de maneira significativa em função do aumento na densidade de semeadura (Figura 13). Os maiores valores de assimilação de carbono foram observados para as densidades de 70 plantas por metro aos 3 (Figura 13a) e 7 (Figura 13b) dias após a emissão da folha bandeira e para a densidade de 90 plantas por metro aos 11 dias após a emissão (Figura 13c). Este comportamento pode estar associado aos menores valores de acúmulo de matéria seca por planta na fase de antese e ao menor desenvolvimento de folhas para as maiores densidades de cultivo. Plantas que apresentam acúmulo de assimilados pouco satisfatório até o início da antese podem investir em maiores taxas de assimilação no período pós antese para manter o potencial produtivo. O acúmulo de assimilados até a antese bem como a taxa de assimilação em pós antese são os principais fatores responsáveis pelo enchimento de grãos na cultura do trigo (SIMMONS, 1987; INOUE et al., 2004), sendo que o acúmulo de reservas em pós antese é significativo apenas em condição de cultivo sem restrição hídrica, como observado no presente estudo.

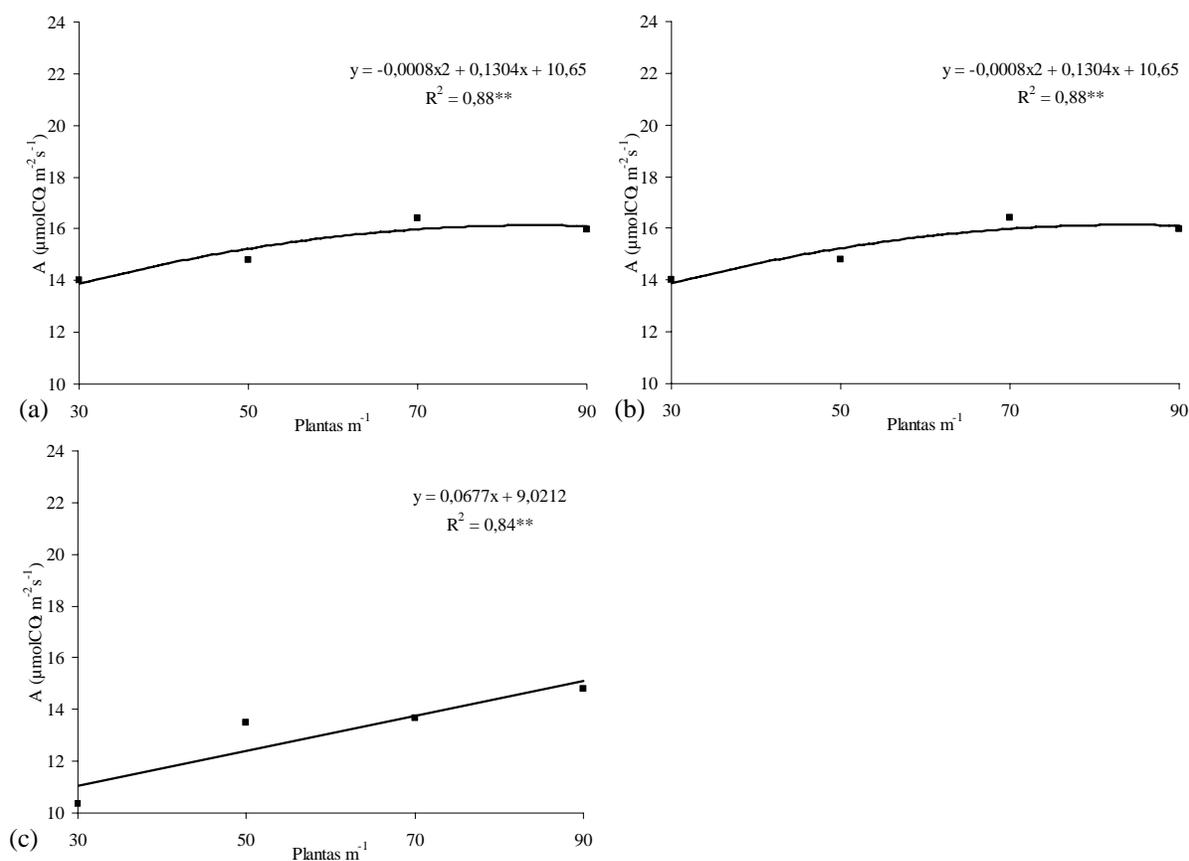


Figura 13. Assimilação líquida de carbono aos 3 (a), 7 (b) e 11 (c) dias após a emissão da folha bandeira em densidades crescentes de plantas de trigo (IAC 370). Botucatu-SP, 2010. ******significativo à 1% de probabilidade.

As taxas de transpiração da folha bandeira apresentaram comportamento semelhante ao observado para as taxas de assimilação de carbono para as três leituras (Figura 14), sendo que os maiores valores foram observados para as maiores densidades de semeadura. Este comportamento pode estar associado a um maior índice de abertura estomática nas maiores densidades de semeadura, ou mesmo pelo aumento na densidade de estômatos na folha bandeira.

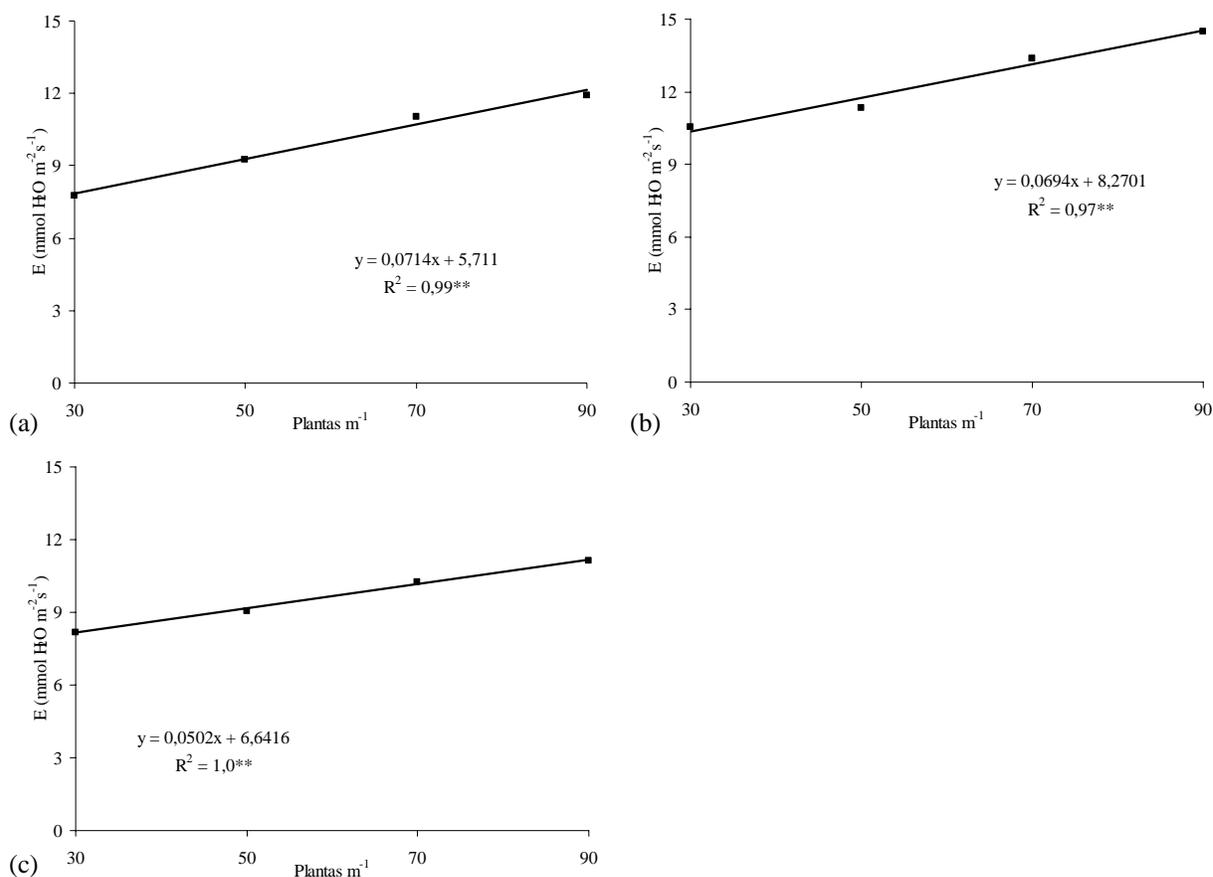


Figura 14. Taxa de transpiração aos 3 (a), 7 (b) e 11 (c) dias após a emissão da folha bandeira em densidades crescentes de plantas de trigo (IAC 370). Botucatu-SP, 2010. ******significativo à 1% de probabilidade.

A taxa de transpiração da folha bandeira foi afetada de maneira significativa pela aplicação dos reguladores vegetais (Tabela 14). De maneira geral, o controle apresentou as menores taxas de transpiração, em comparação com os demais tratamentos. A aplicação dos reguladores vegetais pode ter resultado em alterações no desenvolvimento de estômatos, em quantidade ou tamanho, ou mesmo no controle da abertura e fechamento estomático, resultando nos maiores valores transpiração. Contudo, considerando-se que as plantas foram submetidas a um controle adequado no suprimento de água durante todo o período de condução do experimento, é possível que a variação nas taxas de transpiração em função da aplicação de reguladores tenha ocorrido em função de alterações morfológicas na folha bandeira. O mesmo comportamento pode ser observado para os valores de condutância

estomática aos três dias após a emissão da folha bandeira, sendo os menores valores observados para o tratamento controle, sem a aplicação de reguladores.

Tabela 14. Transpiração (E) e condutância estomática (gs) da folha bandeira de plantas de trigo (IAC 370) em função da aplicação de Ax+CK+GA no início do perfilhamento e de Etil-Trinexapac no início da fase de alongamento de plantas, Botucatu-SP, 2010.

| Regulador | E (mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹) | | | gs (mol m ⁻² s ⁻¹) |
|---------------------|--|---------|---------|---|
| | 3 DAE | 7 DAE | 11 DAE | 3 DAE |
| Controle | 9,09 b | 12,04 a | 8,91 b | 0,4560 b |
| Ax+CK+GA (S) | 10,94 a | 13,26 a | 10,25 a | 0,5535 a |
| Etil-Trinexapac (M) | 10,08 ab | 12,02 a | 9,88 a | 0,5230 a |
| S + M | 9,87 bc | 12,42 a | 9,57 ab | 0,5032 ab |
| dms | 0,96 | 1,31 | 0,94 | 0,06 |

Médias seguidas da mesma letra, na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Os valores de condutância estomática apresentaram comportamento semelhante aos valores de taxa de assimilação de carbono (Figura 13) e taxa de transpiração (Figura 14) principalmente aos três e aos sete dias após a emissão da folha bandeira (figura 15). Contudo, aos 11 dias após a emissão (Figura 15c) o comportamento dos valores de condutância estomática foram contrários aos observados para a assimilação de carbono e transpiração.

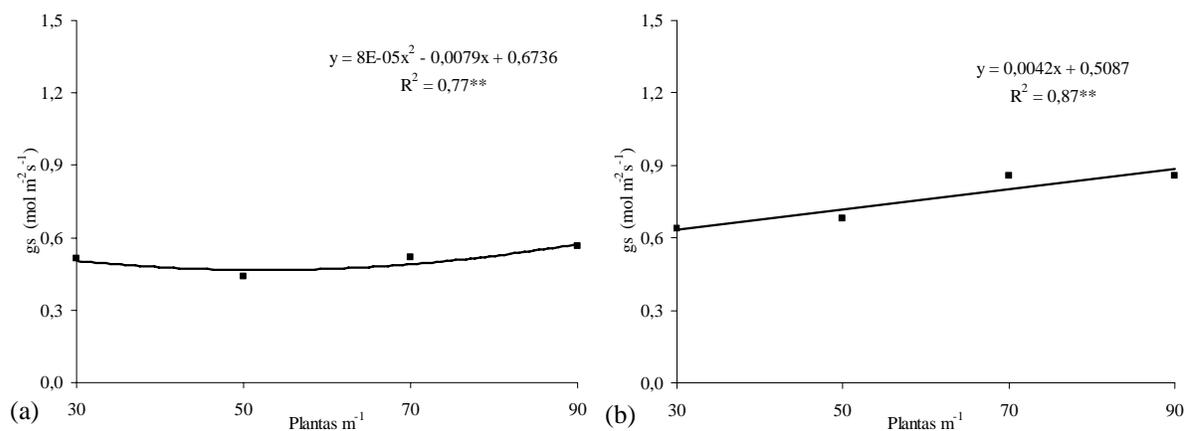


Figura 15. Taxa de transpiração aos 3 (a), 7 (b) e 11 (c) dias após a emissão da folha bandeira em densidades crescentes de plantas de trigo (IAC 370). Botucatu-SP, 2010. **significativo à 1% de probabilidade.

A aplicação de reguladores vegetais resultou em diminuição na eficiência de uso da água apenas aos três dias após a emissão da folha bandeira para densidade de 30 plantas por metro (Tabela 15). Para as demais densidades de semeadura e leituras não houve efeito da aplicação dos reguladores vegetais. A eficiência do uso da água decresceu de maneira significativa para o tratamento controle em função do aumento na densidade de plantas (Figura 16a), contudo não houve variações significativas para a aplicação de reguladores nas diferentes densidades de semeadura no terceiro dia após a emissão da folha bandeira. Para os sete dias após a emissão da folha bandeira (Figura 16b) observou-se diminuição significativa na eficiência de uso da água em função do aumento na densidade de plantas, independente do regulador vegetal utilizado. Este comportamento revela uma elevada taxa de abertura estomática para as maiores densidades de semeadura.

Tabela 15. Desdobramento dos valores de eficiência do uso da água (EUA da folha bandeira de plantas de trigo (IAC 370) em função da aplicação de Ax+CK+GA no início do perfilhamento e de Etil-Trinexapac no início da fase de alongamento de plantas, Botucatu-SP, 2010.

| | Plantas m ⁻¹ | | | |
|---------------------|-------------------------|--------|--------|--------|
| | 30 | 50 | 70 | 90 |
| Controle | 2,86 a | 2,09 a | 2,09 a | 1,87 a |
| Ax+CK+GA (S) | 1,89 b | 2,14 a | 1,84 a | 1,80 a |
| Etil-Trinexapac (M) | 1,95 b | 2,10 a | 1,84 a | 1,73 a |
| S + M | 1,90 b | 2,33 a | 2,14 a | 1,75 a |
| dms | 0,46 | | | |

Médias seguidas da mesma letra, na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

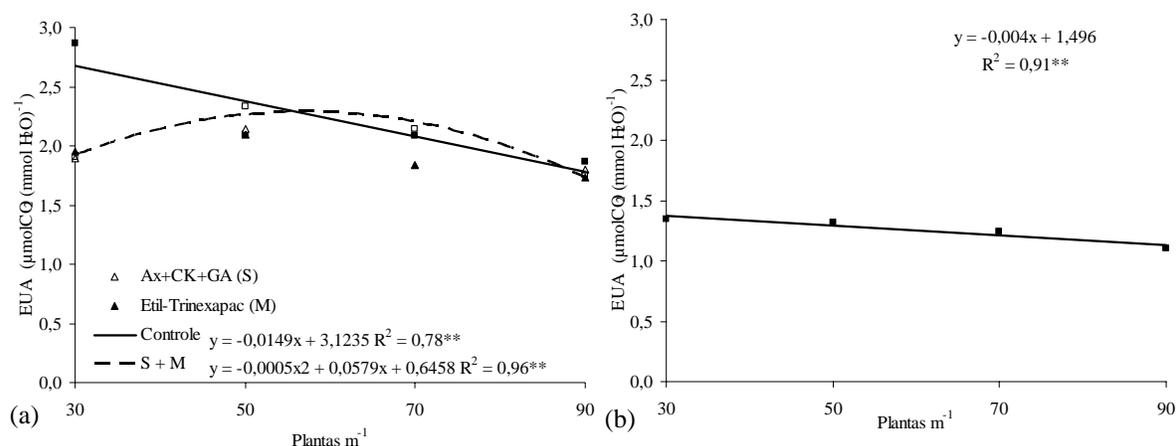


Figura 16. Eficiência do uso da água (EUA) aos 3 dias após a emergência da folha bandeira em densidades crescentes de plantas de trigo (IAC 370) em função da aplicação de Ax+CK+GA no início do perfilhamento e de Etil-Trinexapac no início da fase de alongamento de plantas (a) e eficiência do uso da água aos 7 dias após a emissão da folha bandeira em densidades crescentes de plantas de trigo (b), Botucatu-SP, 2010. **significativo à 1% de probabilidade.

4.6 MORFOLOGIA DA FOLHA BANDEIRA

A morfologia da folha bandeira de plantas de trigo foi afetada de maneira significativa pela aplicação de reguladores vegetais (Tabela 16), contudo, a área foliar específica e a largura da folha bandeira não foram afetadas. A variação do número de plantas na linha de cultivo afetou apenas o acúmulo de matéria seca na folha bandeira, sem, no entanto, haver interações significativas entre os fatores de estudo.

Tabela 16. Resumo da análise de variância para os valores de comprimento (CFB), área foliar (AFB), massa de matéria seca (MSFB), área foliar específica (AFEFB) e largura (LFB) da folha bandeira em plantas de trigo. Botucatu-SP, 2010.

| FV | CFB | AFB | MSFB | AFEFB | LFB |
|---------------------|---------|--------|---------|-------|-------|
| Bloco | 3,48 | 1,92 | 7,75** | 3,14 | 1,56 |
| Densidade | 1,11 | 2,72 | 10,48** | 2,38 | 3,10 |
| Regulador | 18,18** | 5,14** | 6,01** | 0,27 | 0,72 |
| D X R | 0,72 | 0,29 | 0,24 | 0,43 | 0,27 |
| CV (%) ¹ | 6,65 | 10,82 | 8,27 | 7,29 | 6,33 |
| CV (%) ² | 7,21 | 12,25 | 10,92 | 7,00 | 10,70 |

* e **: significativo pelo teste F à 5 e 1%, respectivamente; ¹ coeficiente de variação para parcela; ² coeficiente de variação para sub-parcela.

O acúmulo de matéria seca na folha bandeira (Figura 17) apresentou o mesmo comportamento observado para o acúmulo de matéria seca total de folhas por planta na fase de antese (Figura 8b) em relação ao aumento na densidade de cultivo. Portanto, a competição de plantas em resposta ao aumento do número de plantas tem reflexo no desenvolvimento foliar da planta como um todo, inclusive da folha bandeira, que, além de ser a folha fisiologicamente mais importante, é que apresenta maior exposição à luz solar, sem prejuízos causados pelo auto sombreamento. O decréscimo no acúmulo de fotoassimilados na folha bandeira pode resultar em prejuízos ao desenvolvimento de grãos, considerando-se que este processo depende basicamente da quantidade de carboidratos acumulados no colmo até a antese e da taxa de assimilação de carbono na fase de pós antese (SIMMONS, 1987).

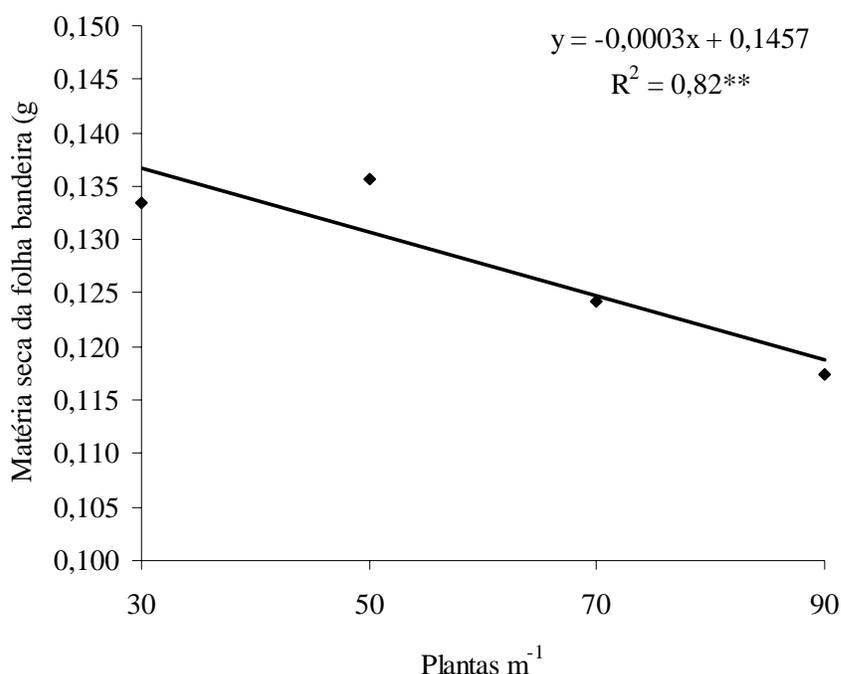


Figura 17. Matéria seca da folha bandeira em densidades crescentes de plantas de trigo (IAC 370). Botucatu-SP, 2010. **significativo à 1% de probabilidade.

O efeito prolongado da atividade do Etil-Trinexapac em inibir a atividade endógena de GA pode ser verificado através da morfologia da folha bandeira (Tabela 17). A aplicação de Etil-Trinexapac, de maneira isolada ou combinada com Ax+GA+CK provocou diminuição no crescimento em comprimento da folha bandeira, resultando em

redução da área foliar e do acúmulo de carboidratos na folha. O equilíbrio entre os níveis endógenos de Ax e GA é de grande importância para o alongamento celular, pois atuam de maneira conjunta no aumento da extensibilidade da parede celular, bem como na síntese e ativação de enzimas que atuam na reconstrução da parede celular (TAIZ e ZEIGER, 2009).

Tabela 17. Comparação de médias para comprimento, área foliar e massa da matéria seca da folha bandeira de plantas de trigo (IAC 370) em função da aplicação de Ax+CK+GA no início do perfilhamento e de Etil-Trinexapac no início da fase de alongamento de plantas, Botucatu-SP, 2010.

| Regulador | Comprimento (cm) | Área foliar (cm ²) | Matéria seca (g folha ⁻¹) |
|---------------------|------------------|--------------------------------|---------------------------------------|
| Controle | 22,69 a | 25,82 ab | 0,1347 ab |
| Ax+GA+CK (S) | 22,00 a | 26,18 a | 0,1353 a |
| Etil-Trinexapac (M) | 19,39 b | 23,13 b | 0,1216 bc |
| S + M | 19,83 b | 22,99 b | 0,1191 c |
| dms | 1,44 | 2,81 | 0,013 |

Médias seguidas da mesma letra, na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

A folha bandeira é considerada como a fonte primária para o enchimento de grãos para a cultura do trigo, devido à curta distância da espiga e o fato dela se manter verde por mais tempo do que as demais folhas da planta. De acordo com Gondin (2006) os produtos da fotossíntese elaborados nas folhas situadas na porção superior do colmo (principalmente a folha bandeira) e nas aristas, são responsáveis pela maior parte da produção, enquanto as folhas inferiores contribuem com 15 a 20% do total de rendimento de grãos.

O arranjo foliar é um importante aspecto da estrutura do dossel da cultura ao permitir um melhor aproveitamento da energia solar, levando a um maior potencial produtivo da cultura. A interceptação da radiação solar pela planta depende do tamanho, da forma, do ângulo e da orientação azimutal das folhas (CASTRO e KLUNGE 1999). No presente estudo, foi possível observar que nos horários mais quentes do dia (próximo ao meio dia) plantas tratadas com Etil-Trinexapac apresentavam as folhas bandeira em uma posição mais ereta em relação aos demais tratamentos. Esse comportamento pode estar relacionado à redução do comprimento das folhas, mas também pode estar relacionado a alterações na morfologia da lígula da folha (característica não avaliada) que pode interferir no movimento da folha em função de variações ambientais. Alterações na orientação azimutal das folhas podem resultar em aumento na eficiência fotossintética da planta, pela diminuição das perdas

por fotoinibição nos horários de maior irradiação solar. Da mesma forma, a redução na área foliar pode se tornar uma característica interessante na redução das perdas de água por transpiração, aumentando a eficiência de utilização da água em condições de déficit hídrico.

4.7 COMPONENTES DA PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE

A produtividade de grãos bem como os componentes de produção foi afetada pela variação na densidade de plantas de trigo, com exceção ao peso hectolétrico (Tabela 18), que apresentou valor médio de 80,91 kg 100L⁻¹. A aplicação dos reguladores vegetais não afetou a produtividade da cultura, apresentando efeito significativo apenas para a massa de mil grãos. Não foram observadas interações significativas entre os fatores de estudo para a produtividade de grãos e seus componentes.

Tabela 18. Resumo da análise de variância para os valores de comprimento da raquis (CR), número de espiguetas férteis por espiga (NEF), número de espiguetas inférteis por espiga (NEINF), número de grãos por espiga (NGE), massa de grãos por espiga (MGE), número de espigas por metro quadrado (ESP/m²), porcentagem de incremento do número de espigas (%IE), produtividade (PROD), massa de mil grãos (MMG) e peso hectolétrico (PH) de plantas de trigo. Botucatu-SP, 2010.

| FV | CR | NEF | NEINF | NGE | MGE |
|---------------------|--------------------|----------|---------|----------|----------|
| Bloco | 1,80 | 0,99 | 1,20 | 1,29 | 1,33 |
| Densidade | 171,83** | 101,16** | 40,56** | 103,47** | 114,81** |
| Regulador | 0,62 | 0,52 | 0,44 | 0,50 | 0,49 |
| D X R | 1,02 | 0,87 | 0,67 | 1,06 | 1,04 |
| CV (%) ¹ | 12,86 | 16,32 | 17,59 | 18,35 | 17,49 |
| CV (%) ² | 18,02 | 20,12 | 22,67 | 21,26 | 22,48 |
| FV | ESP/m ² | % IE | PROD | MMG | PH |
| Bloco | 0,78 | 0,65 | 0,14 | 7,16 | 1,36 |
| Densidade | 73,42** | 70,88** | 8,54** | 7,73** | 1,64 |
| Regulador | 0,19 | 0,24 | 0,57 | 5,62** | 2,72 |
| D X R | 0,61 | 0,57 | 1,78 | 0,60 | 1,87 |
| CV (%) ¹ | 10,67 | 66,41 | 35,07 | 2,46 | 4,00 |
| CV (%) ² | 11,80 | 59,89 | 13,70 | 4,81 | 4,06 |

* e **: significativo pelo teste F à 5 e 1%, respectivamente; ¹ coeficiente de variação para parcela; ² coeficiente de variação para sub-parcela.

O rendimento de grãos em trigo é determinado por vários componentes, entre eles está o número de espigas por planta, número de espiguetas por espiga, número de grãos por espiga e por espiguetas e peso médio do grão, dependendo diretamente dos fatores de origem genética e de ambiente (CRUZ et al., 2003). Em cereais com população de plantas constante, o rendimento de grãos pode ser obtido principalmente pelo produto de três componentes principais: número de espigas por unidade de área, número de grãos por espiga e massa média dos grãos, e esses três componentes, até certo limite, variam independentemente um do outro (NEDEL, 1994).

O aumento da densidade de plantas de trigo na linha de cultivo resultou em decréscimo dos componentes da produção individuais de plantas (Figura 18). Este comportamento ocorre em resposta ao menor acúmulo de matéria seca por planta, principalmente na fase de antese, em decorrência da intensa competição entre plantas. Rodrigues et al. (2002) observaram que o número de grãos por metro quadrado está altamente relacionado à capacidade da planta em acumular biomassa e transferi-la às estruturas reprodutivas em pré-antese. A análise de trilha para os componentes da produção da cultura do trigo revela que o acúmulo de biomassa na parte aérea de plantas é um dos principais fatores relacionados ao rendimento de grãos na cultura (OKUYAMA et al., 2004), juntamente com o número de espigas por metro quadrado e o número de grãos por espiga.

A manutenção do rendimento de grãos, com diferentes densidades de plantio, é atribuída à compensação nos demais componentes do rendimento de grãos, uma vez que o trigo apresenta elevada capacidade de compensar a falta ou excesso de um componente pela modificação ou ajuste nos demais componentes (FREEZE e BACON, 1990). Os elevados valores de perfilhos emitidos para as menores populações de planta (Figuras 6 e 7) não foram suficientes para equilibrar o número de espigas por metro quadrado (Figura 19a), em relação às plantas cultivadas em maiores populações. No entanto, a porcentagem de incremento no número de espigas por metro quadrado nas menores populações de planta é um claro indicativo do potencial da cultura, particularmente do material utilizado, em compensar a falta de espaço através da emissão e manutenção de perfilhos, sendo essa característica altamente dependente do potencial genético do material (VALÉRIO et al., 2009).

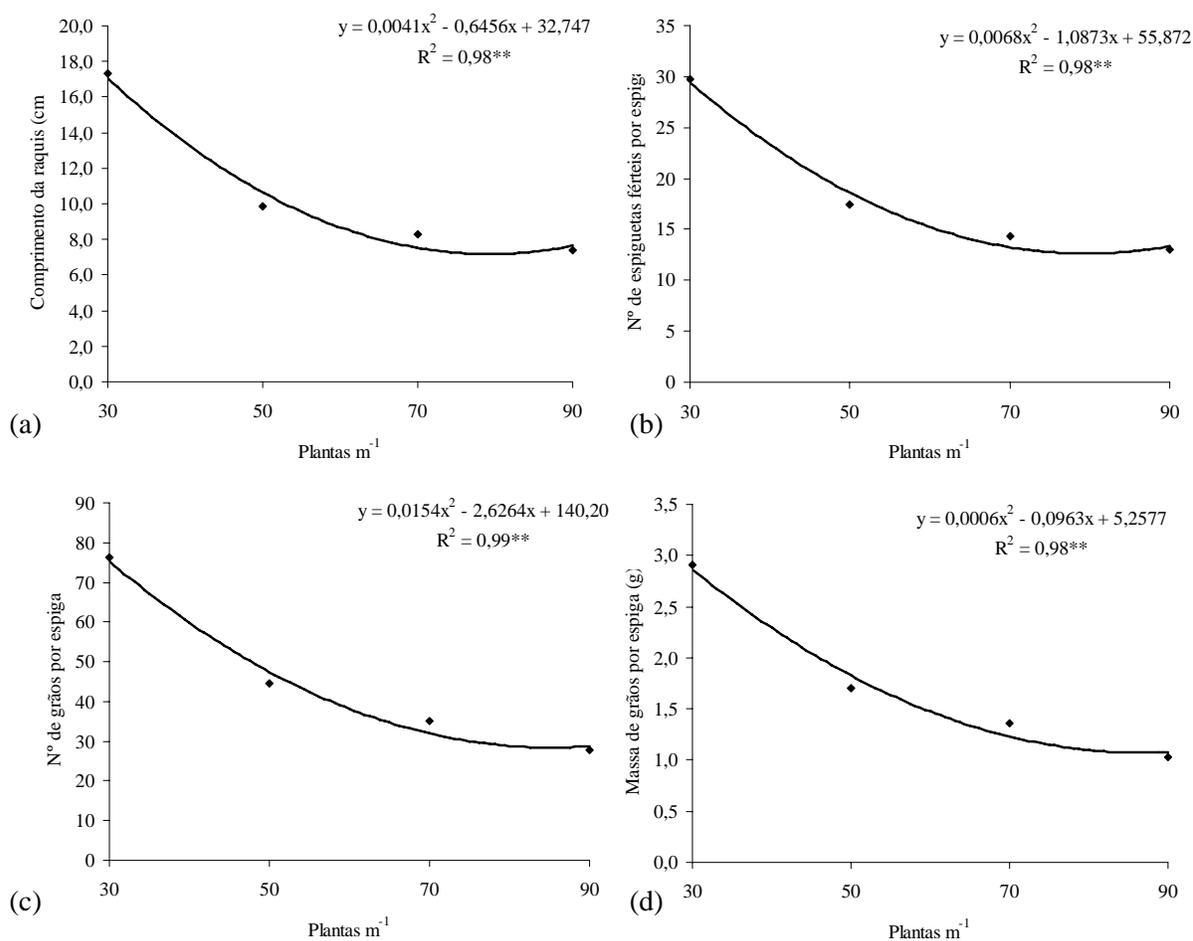


Figura 18. Comprimento da ráquis (a), número de espiguetas férteis (b), número (c) e massa (d) de grãos por espiga em densidades crescentes de plantas de trigo (IAC 370). Botucatu-SP, 2010. **significativo à 1% de probabilidade.

Mesmo com reduzido número de espigas por metro quadrado (Figura 19a), os maiores valores de produtividade foram observados para as menores populações de planta, com decréscimo em função do aumento do número de plantas na linha de cultivo (Figura 19c). Os maiores valores de produtividade obtidos para as menores densidades de planta revelam que as alterações no acúmulo de matéria seca (Figuras 8 e 9) e seus reflexos no número e no peso de grãos por espiga (Figura 18) foram fatores determinantes do potencial produtivo para as condições em que o estudo foi realizado.

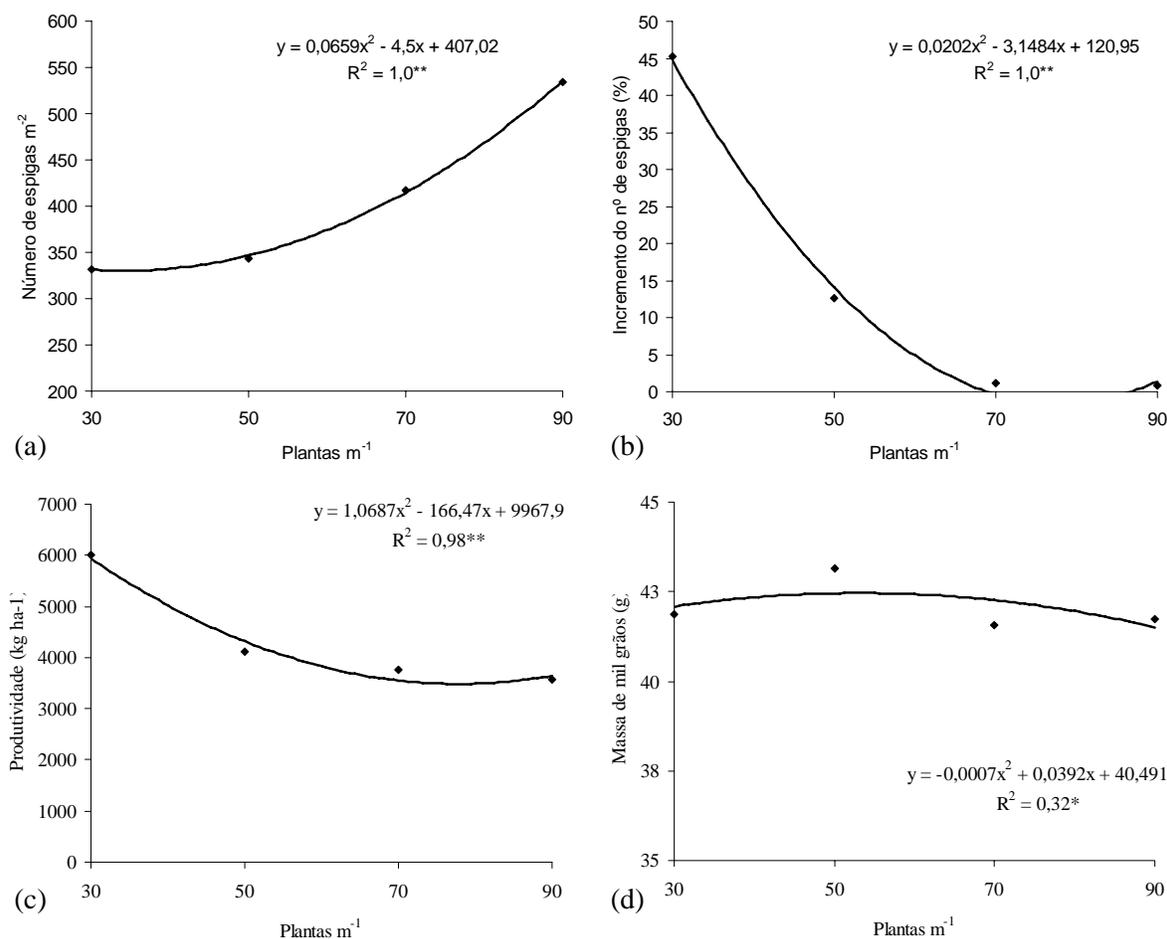


Figura 19. Número de espigas por metro quadrado (a), porcentagem de incremento do número de espigas (b), produtividade de grãos (c), e massa de mil grãos (d) em densidades crescentes de plantas de trigo (IAC 370). Botucatu-SP, 2010. ******significativo à 1% de probabilidade.

A aplicação de Etil-Trinexapac resultou em redução na massa de mil grãos da cultura do trigo quando comparada com o tratamento controle (Tabela 19). Contudo, não foram observadas diferenças significativas entre os reguladores vegetais estudados, ou mesmo pela aplicação combinada dos dois reguladores testados. Mesmo provocando redução em um componente importante para a produção de grãos de trigo, a aplicação de Etil-Trinexapac não resultou em decréscimo na produtividade da cultura (Tabela 17). Resultados para massa de mil grãos em plantas de trigo submetidas à aplicação de reguladores vegetais têm se mostrado bastante controversos, podendo apresentar aumento (ZAGONEL et al., 2002), redução (ESPINDULA et al., 2009) ou mesmo comportamento variado em função do material genético utilizado (ZAGONEL e FERNANDES, 2007).

Tabela 19. Comparação de médias para massa de mil grãos em plantas de trigo (IAC 370) em função da aplicação de em função da aplicação de Ax+CK+GA no início do perfilhamento e de Etil-Trinexapac no início da fase de alongamento de plantas, Botucatu-SP, 2010, Botucatu-SP, 2010.

| Regulador | Massa de mil grãos (g) |
|---------------------|------------------------|
| Controle | 43,39 a |
| Ax+GA+CK (S) | 42,80 ab |
| Etil-Trinexapac (M) | 41,12 b |
| S + M | 41,00 b |
| dms | 1,93 |

Médias seguidas da mesma letra, na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

4.8 SOBREVIVÊNCIA E POTENCIAL PRODUTIVO DE PERFILHOS

O número de perfilhos por metro quadrado observado nas fases de antese e colheita, bem como a porcentagem de perfilhos férteis (com emissão de espigas produtivas) foram afetados de maneira significativa pela variação na densidade de plantas por unidade de área (Tabela 20), apesar dos elevados valores de coeficiente de variação observados para essas características. A aplicação dos reguladores vegetais testados, de maneira isolada, ou combinada não afetou o número de perfilhos por metro quadrado e a sobrevivência de perfilhos. Não houve interações significativas entre os fatores de estudo para estas características avaliadas.

Tabela 20. Resumo da análise de variância para os valores de número de perfilhos nas fases de antese e colheita e porcentagem de perfilhos férteis (%PF) em plantas de trigo. Botucatu-SP, 2010.

| FV | Antese | Colheita | % PF |
|---------------------|---------|----------|---------|
| Bloco | 0,55 | 0,78 | 0,31 |
| Densidade | 40,86** | 42,64** | 23,11** |
| Regulador | 0,30 | 0,19 | 0,12 |
| D X R | 0,90 | 0,61 | 0,78 |
| CV (%) ¹ | 72,66 | 80,06 | 102,69 |
| CV (%) ² | 83,16 | 88,56 | 90,02 |

* e **: significativo pelo teste F à 5 e 1%, respectivamente; ¹ coeficiente de variação para parcela; ² coeficiente de variação para sub-parcela.

A quantidade de perfilhos por metro quadrado nas fases de antese (Figura 20a) e ao final do ciclo da cultura (Figura 20b) segue a mesma tendência de comportamento observada na fase final de perfilhamento da cultura (Figura 6f). A quantidade

de perfilhos decresceu de forma linear em função do aumento do número de plantas na linha de cultivo. Contudo, ao decorrer do ciclo da cultura observou-se intensa taxa de abortamento de perfilhos para todas as populações de planta estudadas, conforme observado na Figura 20c.

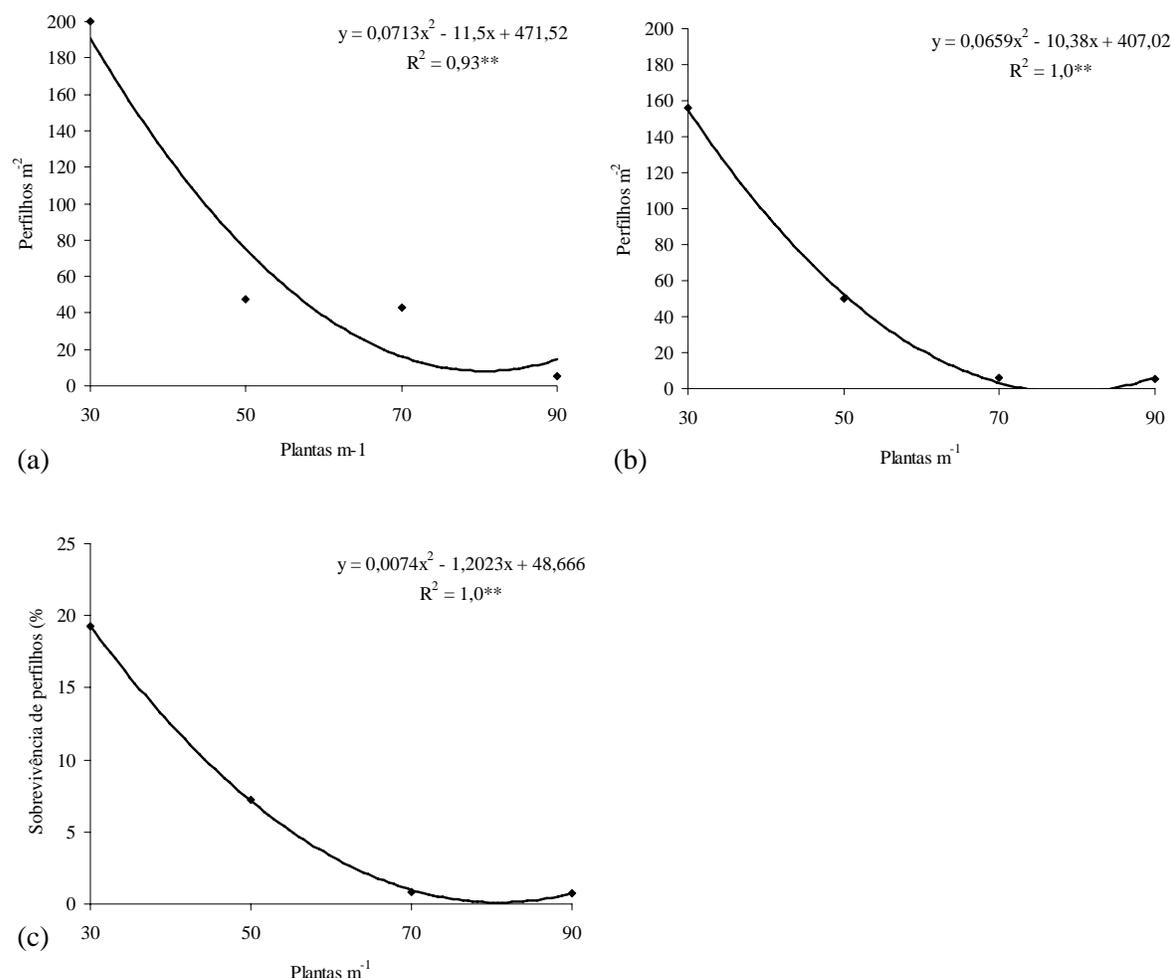


Figura 20. Numero de perfilhos por metro quadrado nas de antese (a) e de colheita (b), e porcentagem de perfilhos férteis (c) em densidades crescentes de plantas de trigo (IAC 370). Botucatu-SP, 2010. **significativo à 1% de probabilidade.

O efeito da competição é determinante na produção de perfilhos (OZTURK et al., 2006). O equilíbrio entre o desenvolvimento do colmo principal e os perfilhos é uma condição essencial para a sobrevivência dos perfilhos, portanto, para se tornarem produtivos os perfilhos devem apresentar taxas de crescimento semelhantes as do colmo principal podendo assim contribuir para a produção final de grãos (WOBETO, 1994).

As taxas de crescimento foliar do colmo principal e dos perfilhos são iguais em situação sem estresse (MASLE, 1985) contudo, a competição por luz entre plantas nas fases iniciais de cultivo é determinante para a emissão de perfilhos em altas densidades de cultivo. Nessas condições, a dominância apical é intensificada pelo rápido desenvolvimento do colmo principal, inibindo o desenvolvimento de gemas laterais (WOBETO, 1994).

Conforme demonstrado na Figura 16c observou-se uma baixa porcentagem de sobrevivência de perfilhos para condições em que o presente estudo foi conduzido. Segundo Alves et al. (2000) os cereais de estação fria cultivados no Brasil, como trigo, aveia, cevada e centeio desenvolvem grande número de perfilhos, mas, na maioria das vezes não são férteis. A baixa sobrevivência de perfilhos pode ocorrer em função das condições fisiológicas do colmo principal no momento da emissão do perfilhos. Contudo a época em que o perfilho é emitido é determinante para a sobrevivência dessas estruturas, portanto, perfilhos emitidos tardiamente apresentam baixo potencial de sobrevivência em função da competição com o colmo principal e com perfilhos emitidos em estádios anteriores (WOBETO, 1994). O efeito da competição por fotoassimilados pode ser observado através da redução do número de perfilhos por planta ou da redução no enchimento de grãos de trigo (VALÉRIO et al, 2008).

Os perfilhos são dependentes do colmo principal, em fotoassimilados, até atingirem uma folha própria completamente expandida e, em nutrientes minerais até iniciarem o desenvolvimento de suas raízes (SKINER e NELSON, 1994). Entretanto, não está totalmente esclarecido se os fotoassimilados e minerais acumulados em um determinado perfilhos são redistribuídos a outras partes da planta caso este não se torne viável. Neste caso, perfilhos não férteis podem servir como órgãos de reserva para a planta durante o seu desenvolvimento, sem perdas em caso de abortamento.

A participação de perfilhos no acúmulo de matéria seca e na produção de grãos, bem como o potencial produtivo de perfilhos na fase final de perfilhamento, na antese e no final do ciclo da cultura foi afetada de maneira significativa pela densidade de plantas (Tabela 21). Este efeito não foi observado para a aplicação dos reguladores de crescimento testados e para a interação entre os fatores de estudo.

Tabela 21. Resumo da análise de variância para os valores de participação de perfilhos no acúmulo de matéria seca (PMSP) e potencial produtivo (PP) de perfilhos nas fases final de perfilhamento, antese e colheita em plantas de trigo. Botucatu-SP, 2010.

| FV | Final do Perfilhamento | | Antese | | Colheita | |
|---------------------|------------------------|--------|----------|---------|-------------------|---------|
| | PMSP | PP | PMSP | PP | PMSP ¹ | PP |
| Bloco | 13,72*** | 2,43 | 0,89 | 0,26 | 1,06 | 0,59 |
| Densidade | 277,02** | 7,30** | 112,14** | 15,35** | 174,91** | 18,54** |
| Regulador | 2,84 | 2,41 | 0,03 | 0,61 | 0,72 | 0,41 |
| D X R | 0,86 | 0,47 | 0,68 | 1,04 | 37,95 | 0,56 |
| CV (%) ¹ | 12,2 | 29,98 | 54,68 | 101,98 | 43,83 | 109,84 |
| CV (%) ² | 18,79 | 44,7 | 59,08 | 80,65 | 69,78 | 59,45 |

* e **: significativo pelo teste F à 5 e 1%, respectivamente; ¹ participação na produção de grãos; ; ² coeficiente de variação para sub-parcela.

Elhani et al. (2007) observaram que a participação de perfilhos na produção final de plantas de trigo é altamente dependente das características do genótipo e das condições ambientais, sendo que o desenvolvimento do colmo principal é priorizado em situação de estresse. Resultados semelhantes foram observados no presente estudo, conforme observado na Figura 21. A competição por fatores do meio de cultivo pode ser observada tanto para a comparação entre as densidades de plantas como entre as épocas de avaliação. O aumento do número de plantas na linha de cultivo resultou em redução na participação no acúmulo de assimilados bem como no potencial produtivo de perfilhos em todas as épocas de avaliação, contudo, mesmo para a maior densidade (90 plantas m⁻¹) houve uma pequena participação no acúmulo de matéria seca ao final da fase de perfilhamento, com perfilhos apresentando elevado potencial produtivo. Este comportamento, contudo, não se repetiu para coletas realizadas na fase de antese e ao final do ciclo da cultura, onde a participação de perfilhos foi nula. Mesmo em ambiente onde a competição por fatores do meio é menos intensa (menores densidades) a participação dos perfilhos no acúmulo de matéria seca diminuiu até a fase de antese, sendo que o potencial produtivo médio dos perfilhos em relação ao colmo principal chegou ao ponto máximo (70%) ao final do ciclo da cultura.

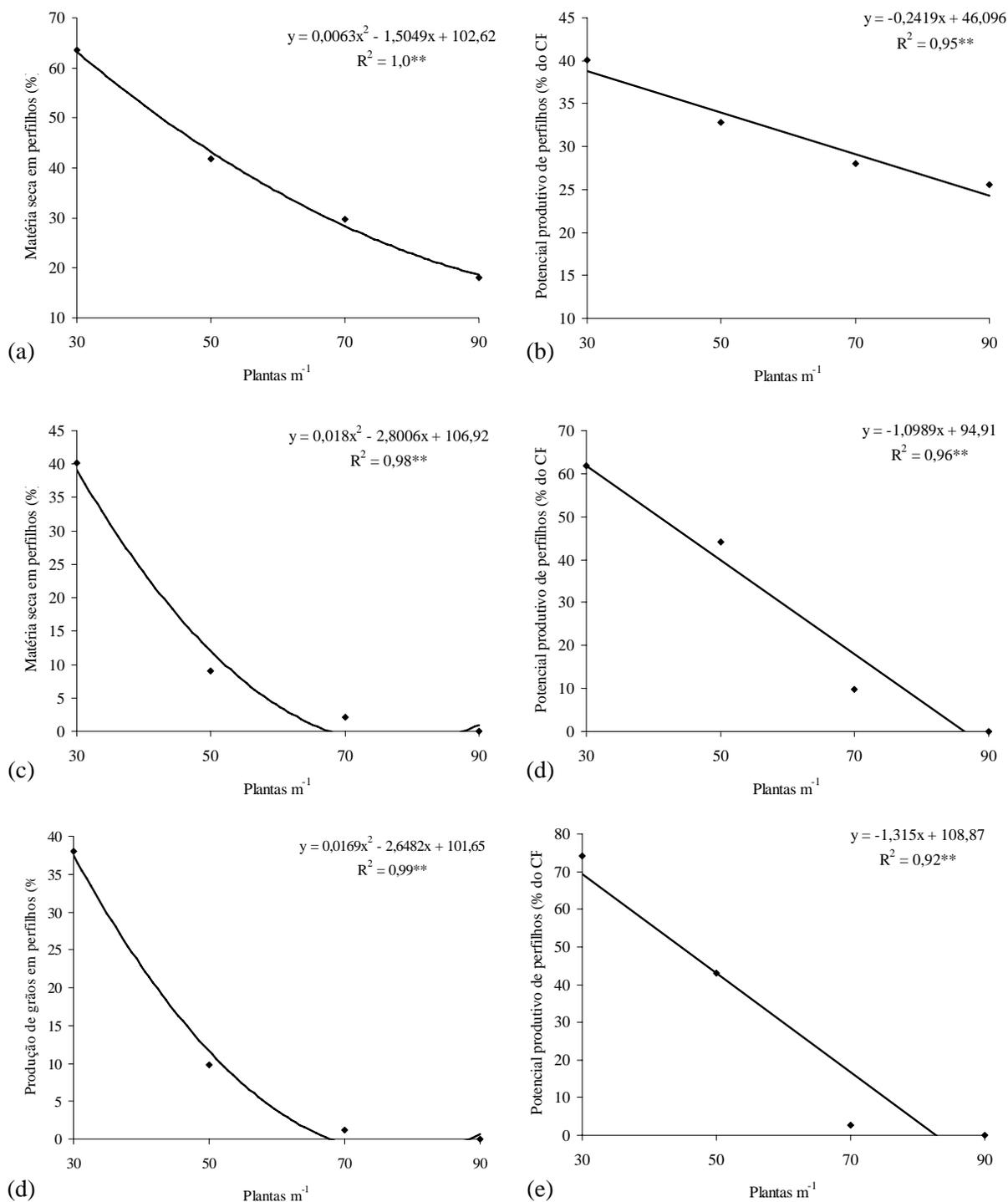


Figura 21. Participação no acúmulo de matéria seca e potencial produtivo de perfilhos na fase final de perfilhamento (a, b), antese (c, d) e na colheita (e, f) em densidades crescentes de plantas de trigo (IAC 370). Botucatu-SP, 2010. ******significativo à 1% de probabilidade.

Perfilhos com elevado potencial produtivo são de grande importância na produtividade final de grãos, como mecanismo de compensação à redução do número de plantas por unidade de área. Conforme observado na Tabela 22, características como número de grãos por espiga, massa de grãos por espiga, número e porcentagem de perfilhos férteis, participação de perfilhos na produção e potencial produtivo de perfilhos estão altamente correlacionados com o acúmulo de matéria seca na fase de antese, e estas características como um todo, estão correlacionadas de maneira significativa com o rendimento final de grãos.

Tabela 22. Análise de correlação de Pearson para características fisiológicas e produtivas de plantas de trigo.

| | MST ¹ | MSC | COMP | NG | MGESP | NESP | NPERF | %PF | %PGP | PP |
|--------------------|------------------|---------|--------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|
| MSC ² | 1,00** | | | | | | | | | |
| COMP ³ | 0,85** | 0,87** | | | | | | | | |
| NG ⁴ | 0,83** | 0,84** | 0,98** | | | | | | | |
| MGESP ⁵ | 0,83** | 0,83** | 0,96** | 0,97** | | | | | | |
| NESP ⁶ | -0,60** | -0,58** | -0,40 | -0,43** | -0,45** | | | | | |
| NPERF ⁷ | 0,78** | 0,80** | 0,95** | 0,95** | 0,92** | -0,24 | | | | |
| %PF ⁸ | 0,74** | 0,75** | 0,89** | 0,91** | 0,88** | -0,24 | 0,97** | | | |
| %PGP ⁹ | 0,82** | 0,84** | 0,97** | 0,96** | 0,95** | -0,38** | 0,96** | 0,92** | | |
| PP ¹⁰ | 0,74** | 0,75** | 0,77** | 0,80** | 0,79** | -0,51** | 0,80** | 0,80** | 0,84** | |
| PROD ¹¹ | 0,70** | 0,71** | 0,66** | 0,64** | 0,63** | -0,50** | 0,58** | 0,55** | 0,66** | 0,52** |

**Significativo pelo teste F à 5% de probabilidade; ¹matéria seca de colmo por planta na antese; ²matéria seca total por planta na antese; ³comprimento da raquis; ⁴número de grãos por espiga; ⁵massa de grãos por espiga; ⁶número de espigas por metro quadrado; ⁷número de perfilhos por metro quadrado na colheita; ⁸ porcentagem de perfilhos férteis; ⁹ porcentagem da produção de grãos em perfilhos; ¹⁰potencial produtivo de perfilhos; ¹¹produtividade.

5 CONCLUSÕES

- A aplicação de Ax+GA+CK não afeta o desenvolvimento produtivo de plantas de trigo bem como as relações entre colmo principal e perfilhos nas condições de cultivo de Botucatu (SP);

- A aplicação de Etil-Trinexapac provoca alterações morfofisiológicas em plantas de trigo, sem afetar a produtividade de grãos de trigo nas condições de cultivo sem restrição hídrica;

- O cultivo em densidades crescentes de plantas afeta o perfilhamento, a relação entre colmos e perfilhos e a produtividade da cultura do trigo;

- A produtividade de grãos de trigo está mais associada à quantidade de fotoassimilados acumulados em pré antese do que para a assimilação em pós antese;

- Mesmo com menor número de espigas por m², maiores valores de produtividade são observados para as menores densidades de semeadura pelo incremento do rendimento individual por espiga, através do aumento do tamanho, número e massa de grãos;

- A redução do número de plantas na linha de cultivo resulta em aumento na emissão, sobrevivência e participação dos perfilhos no acúmulo de matéria seca e produção de grãos.

6 REFERÊNCIAS

ALBRECHT, J.C. et al. **Trigo BRS 207**: cultivar com alto potencial de produtividade indicada para os Estados de Minas Gerais, Goiás e o Distrito Federal. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2005. 22 p. (Documentos, 137).

ALBRECHT, L. P. et al. Aplicação de biorregulador na produtividade do algodoeiro e qualidade de fibra. **Scientia Agraria**, Piracicaba, v. 10, n. 1, p.191-198, 2009.

ALMEIDA, M. L.; MUNDSTOCK, C. M. A qualidade da luz afeta o afilamento em plantas de trigo, quando cultivadas sob competição. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 3, p. 401-408, 2001.

ALVES, A. C.; MUNDSTOCK, C. M.; MEDEIROS, J. D. Sistema vascular e controle do desenvolvimento de perfilhos em cereais de estação fria. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 59-67, 2000.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; BORTOLINI, C. G. Clorofila na folha como indicador do nível de nitrogênio em cereais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 4, p. 715-722, 2001.

- ARTECA, R. N. **Plant growth substances: principles and applications**. New York: Chapman & Hall, 1995. 332 p.
- ASSENG, S.; van HERWAARDEN, A. F. Analysis of the benefits to wheat yield from assimilates stored prior to grain filling in a range of environments. **Plant and Soil**, v. 256, p. 217-229, 2003.
- BALLARÉ, C. L. et al. Photomorphogenic processes in the agricultural environment. **Photochemistry and Photobiology**, Hoboken, v. 56, p. 777- 788, 1992.
- BERTI, M.; ZAGONEL, J.; FERNANDES, E. C. Produtividade de cultivares de trigo em função do trinexapac ethyl e doses de nitrogênio. **Scientia Agraria**, Piracicaba, v. 8, n. 2, p. 127-134, 2007.
- BLUM, A. Improving wheat grain filling under stress by stem reserve mobilization. **Euphytica**, Wageningen, v. 100, n. 1, p. 77-83, 1998.
- CALDERINI, D. F.; DRECCER, M. F; SLAFER, G. A. Genetic improvement in wheat yield and associated traits. A reexamination of previous results and the latest trends. **Plant Breeding**, Berlin, v. 114, n. 1, p. 108-112, 1995.
- CALDERINI, D. F.; DRECCER, M. F; SLAFER, G. A. Consequences of plant breeding on biomass growth, radiation interception and radiation use efficiency in wheat. **Field Crops Research**, Amsterdam v. 52, p. 271-281, 1997.
- CARGNIN, A. et al. Tolerância ao estresse térmico em genótipos de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, DF, v. 41, n. 8, p. 1269-1276, 2006.
- CASTRO, P. R. C.; KLUNGE, R. A. **Ecofisiologia de cultivos anuais: trigo, milho soja, arroz e mandioca**. São Paulo: Nobel, 1999. 128 p.
- CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. **Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 2001. 588 p.
- CONAB – COMPANHIA NACIONAL ABASTECIMENTO. **Indicadores da produção**

agrícola. Disponível em <<http://www.conab.gov.br/conabweb>>. Acesso em: 18 dez. 2010.

CRUZ, P. J. et al. Caracteres relacionados com a resistência ao acamamento em trigo comum. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 4, p. 563-568, 2001.

CRUZ, P. J. et al. Influência do acamamento sobre o rendimento de grãos e outros caracteres em trigo. **Revista Brasileira de Agrociências**, Pelotas, v. 9, n. 1, p. 05-08, 2003.

DESTRO, D. et al. Main Stem and Tiller Contribution to Wheat Cultivars Yield Under Different Irrigation Regimes. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 44, n. 4, p. 325-330, 2001.

DIXON, J. et al. (Eds.). **Wheat facts and futures Mexico: CIMMYT**. 2009.

DOURADO NETO, D. et al. Aplicação e influência do fitorregulador no crescimento das plantas de milho. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v. 11, n. 1, p. 1-9, 2004.

DWYER, L. M., et al. Quantifying the nonlinearity in chlorophyll meter response to corn leaf nitrogen concentration. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 75, n. 1, p. 179-182, 1995.

ELHANI, S. et al. Contribution of main stem and tillers to durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum) grain yield and its components grown in Mediterranean environments. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 103, n. 1, p. 25-35, 2007.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos-CNPS. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EmbrapaSPI; Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 2006. 306 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. Informações técnicas para trigo e triticale safra 2011. In: Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale, 4., Cascavel: COODETEC, 2010. 170 p.

ESPINDULA, M. C. et al. Use of growth retardants in wheat. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 379-387, 2009.

ESPINDULA, M. C. et al. Efeitos de reguladores de crescimento na alongação do colmo de

trigo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 1, p. 109-116, 2010.

FERREIRA, R. A. Trigo: o alimento mais produzido no mundo. **Nutrição Brasil**, Campinas, v. 2, n. 1, p. 45-52, 2003a.

FERREIRA, D. F. **Sisvar versão 4.2**. DEX/UFLA, 2003b. 1 CD-ROM.

FISCHER, R. A. et al. Wheat yield progress associated with higher stomatal conductance and photosynthetic rate, and cooler canopies. **Crop Science**, Madison, v. 38, n. 1, p. 1467-1475, 1998.

FISCHER, R. A. Understanding the physiological basis of yield potential in wheat. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 145, n. 2, p. 99-113, 2007.

FOX, R. H., PIEKIELEK, W. P., MACNEAL, K. M. Using a chlorophyll meter to predict nitrogen fertilizer needs of winter wheat. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 25, n. 8, p. 171-181, 1994.

FREEZE, D. M.; BACON, R. K. Row-spacing and seeding rate effects on wheat yields in the Mid-South. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v. 3, n. 3, p. 345-348, 1990.

FUMIS, T. F. et al. Análise de crescimento em cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.) submetidos a déficits hídricos, na região de Bauru-SP. **Irriga**, Botucatu, v. 2, n. 3, p. 101-114, 1997.

GALLI, A. P. **Competição intraespecífica e o crescimento de trigo e aveia em duas épocas de cultivo**. 1996. 78 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

GONDIN, T. S. A. **Efeito da desfolha nas características fisiológicas e na qualidade de sementes de trigo**. 2006. 60 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, 2006.

HARTWIG, I. et al. Estimativa de coeficientes de correlação e trilha em gerações segregantes de trigo hexaplóide. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 2, p. 203-218, 2007.

HECKMAN, N. L. et al. Influence of trinexapac-ethyl on respiration of isolated wheat mitochondria. **Crop Science**, Madison, v. 42, n. 2, p. 423-427, 2002.

HENDRY, G. A. Plant pigments. In: LEA. P. J., LEEGOOD, R. C. **Plant biochemistry and molecular biology**. Great Britain: Bookcraft, 1993. p. 181-196.

INOUE, T. et al. Contribution of pre-anthesis assimilates and current photosynthesis to grain yield, and their relationships to drought resistance in wheat cultivars grown under different soil moisture. **Photosynthetica**, Dordrecht, v. 42, n. 1, p. 99-104, 2004.

JOSHI, A. K. et al. Stay green trait: variation, inheritance and its association with spot blotch resistance in spring wheat (*Triticum aestivum* L.). **Euphytica**, Dordrecht, v. 153, n. 1, p. 59-71, 2007.

KLAR, A. E.; DENADAI, I. A. M. Resistência à seca em cultivares de trigo: qualidade e rendimento dos grãos e medições fisiológicas. **Irriga**, Botucatu, v. 1, n. 1, p. 1-25, 1996.

KÖPPEN, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Económica, 1948, 478 p.

LARGE, E. C. Growth stages in cereals illustration of the feeks scale. **Plant Pathology**, New York, v. 3, n. 4, p. 128-129, 1954.

LLOVERAS, J. et al. Seeding rate influence on yield and yield components of irrigated winter wheat in a Mediterranean climate. **Agronomy Journal**, Madison, v. 96, n. 5, p. 1258-1265, 2004.

LOOMIS, R. S.; AMTHOR, J. S. Yield potential, plant assimilatory capacity, and metabolic efficiencies. **Crop Science**, Madison, v. 39, n. 1, p. 1584-1596, 1999.

MARTINS. M. B. G.; CASTRO, P. R. C. Reguladores vegetais e a anatomia da folha de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv. Ângela Gigante. **Scientia agrícola**, Piracicaba, v. 56, n. 3, p. 693-703, 1999a.

MARTINS. M. B. G.; CASTRO, P. R. C. Efeitos de giberelina e ethephon na anatomia de

plantas de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 10, p. 1855-1863, 1999b.

MASLE, J. Competition among tillers in winter wheat: consequences for growth and development of the crop. In: DAY, W.; ATKIN, R. K. (Ed.). **Wheat growth and modeling**. New York : Plenum, 1985. p. 33-54.

MINOLTA, CAMERA Co. Ltd. Manual for chlorophyll meter SPAD-502. Minolta Radiometric Instruments Div., Osaka, 1989. 22p

MUNDSTOCK, C. M. **Planejamento e manejo integrado da lavoura de trigo**. Porto Alegre: UFRGS, 1999, 228 p.

MURPHY, J. S.; BRISKE, D. D. Regulation of tillering by apical dominance: chronology, interpretive value, and current perspectives. **Journal of Range Management** , Denver, v. 45, n. 5, p. 419-429, 1992.

NEDEL, J. L. Progresso genético no rendimento de grãos de cultivares de trigo lançadas para cultivo entre 1940 e 1992. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, n. 10, p. 1565-1570, 1994.

OKUYAMA, L. A.; FERERIZZI, L. C.; BARBOSA NETO, J. F. Correlation and path analysis of yield and its components and plant traits in wheat. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1701-1708, 2004.

OLUMEKUN, V. O. An analysis of the response of winter wheat (*Triticum aestivum*) components to cycocel (Chlormequat) application. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Berlin, v. 176, n. 3, p. 145-150, 1996.

OZTURK, A.; CAGLAR, O.; BULUT, S. Growth and yield response of facultative wheat to winter sowing, freezing sowing and spring sowing at different seeding rates. **Journal of Agronomy Crop Science**, Erzurum, v. 192, n. 1, p. 10-16, 2006.

PIMENTEL, C. **Metabolismo do carbono na agricultura tropical**. Seropédica: EDUR, 1998. 150 p.

RADEMACHER, W. Growth retardants: effects on gibberellin bioproduction synthesis and other metabolic pathways. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 51, n. 1, p. 501-531, 2000.

REYNOLDS, M. P.; SAYRE, K. D.; RAJARAM, S. Physiological and genetic changes of irrigated wheat in the post green revolution period and approaches for meeting projected global demand. **Crop Science**, Madison, v. 39, n. 6, p. 1611-1621, 1999.

RODRIGUES, O. Manejo de trigo: bases ecofisiológicas. In: CUNHA, G.R.; BACALTCHUK, B. (Eds.). **Tecnologia para produzir trigo no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Assembléia Legislativa do Rio Grande do Sul, 2000. p. 120-169.

RODRIGUES, O. et al. **Características fisiológicas associadas ao avanço no potencial de rendimento de grãos de trigo**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2002. 26 p.

RODRIGUES, O.; TEIXEIRA, M. C. C.; **Efeito da adubação nitrogenada, arranjo de plantas e redutor de crescimento no acamamento e em características de cevada**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003.

RODRIGUES, O. et al. **Redutores de crescimento**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003.

SANTOS, C. M. G. **Ação de bioestimulante na germinação de sementes, vigor de plântulas e crescimento do algodoeiro**. 2004. 61 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias Ambientais)- Escola de Agronomia, Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas, 2004.

SANTOS, C. R. S. **Stimulate® na germinação de sementes, vigor de plântulas e no crescimento inicial da soja**. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias)-Escola de Agronomia, Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas. 2009.

SAYRE, K. D.; RAJARAM, S.; FISCHER, R. A. Yield potential progress in short bread wheat in northwest Mexico. **Crop Science**, Madison, v. 37, n. 1, p. 36-42, 1997.

SCHUCH, L. O. B. et al. Vigor de sementes de populações de aveia preta: II Desempenho e utilização de nitrogênio. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 121-127, 2000.

SILVA, S. A. et al. Genetic basis of stay-green trait in bread wheat. **Journal of New Seeds**, Binghamton, v. 2, n. 1, p. 55-68, 2000.

SIMS, D. A.; GAMON, J. A. Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 81, n. 1, p. 337-354, 2002.

SIMMONS, R. S. Growth, development, and physiology. In: HEYNE, E.G. (Ed.). **Wheat and heat improvement**. Madison: Wisconsin, p.77-113, 1987.

SENA JUNIOR, D. G. et al. Discriminação entre estágios nutricionais na cultura do trigo com técnicas de visão artificial e medidor portátil de clorofila. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 187-195, 2008.

SKINNER, R. H.; NELSON, C. J. Role of leaf appearance rate and the coleoptile tiller in regulating tiller production. **Crop Science**, Madison, v. 34, n. 1, p. 71-75, 1994.

SLEPER, D. A.; POEHLMAN, J. M. **Breeding field crops**. Ames: Blackwell Pub Iowa, 2006. 424 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

TIBOLA, C. S.; FERNANDES, J. M. C.; LORINI, I.; SCHEEREN, P. L.; MIRANDA, M. Z. de. **Produção integrada de trigo – safra 2007**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. 10 p. (Embrapa Trigo. Circular Técnica Online, 26). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/ci/p_ci26.htm>. Acesso em: 03 jan. 2011.

USDA – UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **World agricultural production**. Disponível em: <<http://www.usda.gov/wps/portal/>>. Acesso em: 18 dez. 2010.

VALÉRIO, I. P. **Progresso genético na seleção de genótipos de trigo com base na expressão do caráter número de afilhos**. Tese (Doutorado em Agronomia)-Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel Universidade Federal de Pelotas, 2008a, 118 p.

VALÉRIO, I. P. et al. Desenvolvimento de afilhos e componentes do rendimento em genótipos de trigo sob diferentes densidades de semeadura. **Pesquisa Agropecuária**

Brasileira, Brasília, DF, v. 43, n. 3, p. 319-326, 2008b.

VALÉRIO, I. P. et al. Seeding density in wheat genotypes as a function of tillering potential. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 66, n. 1, p. 28-39, 2009.

VEIT, B. Stem cell signalling networks in plants. **Plant Molecular Biology**, Dordrecht, v. 60, n. 6, p. 793-810, 2006.

VIEIRA, E. L.; CASTRO, P. R. C. Ação de bioestimulante na germinação de sementes, vigor das plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 23, n. 2, p. 222-228, 2001.

WOBETO, C. **Padrão de afilhamento, sobrevivência de afilhos e suas relações com o rendimento de grãos em trigo**. 1994. 102f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

ZAGONEL J. et al. Doses de nitrogênio e densidades de plantas com e sem regulador de crescimento afetando o trigo, Cultivar OR-1. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 25-29, 2002.

ZAGONEL, J.; FERNANDES, E. C. Doses e épocas de aplicação do regulador de crescimento afetando cultivares de trigo em duas doses de nitrogênio. **Planta Daninha**, v. 25, n. 2, p. 331-339, 2007.