

**DOSES, FONTES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO
DO NITROGÊNIO EM CULTIVARES DE TRIGO
SOB PLANTIO DIRETO NO CERRADO**

MARCELO CARVALHO MINHOTO TEIXEIRA FILHO

**Doses, fontes e épocas de aplicação do
nitrogênio em cultivares de trigo sob plantio
direto no cerrado**

MARCELO CARVALHO MINHOTO TEIXEIRA FILHO

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Salatiér Buzetti

Dissertação apresentada à
Faculdade de Engenharia,
Unesp – Campus de Ilha
Solteira, para obtenção do
título de Mestre em Agronomia
– Especialidade: Sistemas de
Produção.

Ilha Solteira - SP

Março - 2008

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação da UNESP - Ilha Solteira.

T266d	<p>Teixeira Filho, Marcelo Carvalho Minhoto Doses, fontes e épocas de aplicação do nitrogênio em cultivares de trigo sob plantio direto no cerrado / Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho. -- Ilha Solteira : [s.n.], 2008 80 p. : il.</p> <p>Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2008</p> <p>Orientador: Salatiér Buzetti Bibliografia: p. 55-69</p> <p>1. Adubação. 2. Nitrogênio. 3. Trigo.</p>
-------	---



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: DOSES, FONTES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DO NITROGÊNIO EM CULTIVARES DE TRIGO SOB PLANTIO DIRETO NO CERRADO

AUTOR: MARCELO CARVALHO MINHOTO TEIXEIRA FILHO
ORIENTADOR: Prof. Dr. SALATIER BUZETTI

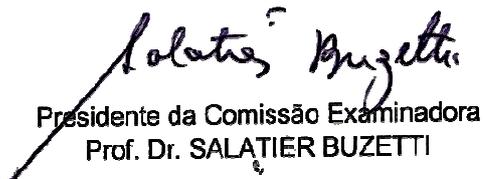
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE em AGRONOMIA pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. SALATIER BUZETTI
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. MARCO EUSTAQUIO DE SA
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. CARLOS ALEXANDRE C CRUSCIOL
Departamento de Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu

Data da realização: 07 de março de 2008.


Presidente da Comissão Examinadora
Prof. Dr. SALATIER BUZETTI

Dedico

Aos meus pais Marcelo Carvalho Minhoto

Teixeira e Vera Lúcia Macri Gonçalves Teixeira,

pelo incentivo e apoio em todos os momentos difíceis

da minha vida, pela educação, confiança, dedicação, paciência

e acima de tudo pelo amor que vocês me deram, a quem devo tudo

que sou hoje. Obrigado, amo vocês.

Ofereço

Ao meu irmão Eduardo Gonçalves Minhoto

Teixeira, a minha namorada Rita de Cássia Félix

Álvarez, aos meus avós, aos meus tios, aos meus primos e aos

meus amigos que sempre me apoiaram e quiseram ver esta conquista.

Agradecimentos Especiais

A Deus, pela vida e oportunidades que tem me proporcionado.

Aos meus pais pela dedicação, apoio, compreensão e auxílio que me fortalecem a cada dia.

Ao professor Dr. Salatiér Buzetti pela valiosa orientação acadêmica dedicada nos últimos anos que trabalhamos juntos, autêntica demonstração de profissionalismo, humildade, confiança e companheirismo à minha pessoa, a quem considero não só como um amigo, mas como um exemplo de vida.

Ao professor Dr. Marcelo Andreotti pelas sugestões, atenção, auxílio prestado, amizade e confiança dedicados a minha pessoa nesses meses.

Ao professor Orivaldo Arf pela participação na qualificação deste trabalho, contribuindo amplamente para torná-lo mais completo, através de suas sugestões e críticas.

Agradecimentos

A todos os professores pela amizade, dedicação e contribuição a minha formação acadêmica.

Aos funcionários da Fazenda de Ensino e Pesquisa.

A técnica Selma Maria Bozite de Moraes pelos valiosos auxílios nas análises laboratoriais e principalmente pela amizade.

Aos bibliotecários pela dedicação e atenção concedidas.

Aos funcionários da seção de Pós-Graduação.

A Universidade Estadual Paulista, pela oportunidade concedida para realização deste curso de Pós-Graduação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior - CAPES, pela bolsa de estudos e apoio financeiro.

Aos amigos de Mestrado e Doutorado Engenheiros Agrônomos: Cleiton Gredson Sabin Benett (Cleitão), Katiane Santiago Silva, Alexandra Sanae Maeda (Tiazinha), Márcio Mohamed Megda (Turcão), Vagner do Nascimento (Capeta), Danila Comélis Bertolin (Marvada), Hernandez Queiroz de Andrade (Lango), Adriana Souza Colombo, Patricia Ferreira, Flávio Ferreira da Silva Binotti, Elisângela Dupas, Samuel Ferrari (Xuxa), Danilo Marcelo Aires dos Santos (Piqui), Max (Mió), pela companhia, respeito, pela contribuição que ofereceram ao meu crescimento como ser humano e prazer das vivências divididas nesse período.

Enfim, agradeço a todos que nestes 1,5 ano me ajudaram a ser hoje uma pessoa melhor em todos os aspectos e aqueles que neste momento imerecidamente não foram lembrados, porém jamais esquecidos.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M. **Doses, fontes e épocas de aplicação do nitrogênio em cultivares de trigo sob plantio direto no cerrado.** 2008. 80p. Dissertação (Mestrado) – da Faculdade de Engenharia, Unesp – Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2008.

Autor: Eng^o. Agr^o. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho

Orientador: Prof. Dr. Salatiér Buzetti

Resumo – A utilização de cultivares de trigo de alto potencial produtivo e a adubação nitrogenada são essenciais para obtenção de altas produtividades. Todavia, os estudos sobre a resposta dos componentes de produção e produtividade do trigo à adubação nitrogenada são insuficientes, e devem ser estudadas em condições específicas de ambiente, como a região dos cerrados de baixa altitude, onde há necessidade do uso da irrigação. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes doses e fontes de N, sendo uma o sulfonitrato de amônio com inibidor de nitrificação (Entec), aplicadas totalmente em semeadura ou em cobertura, em diferentes cultivares de trigo irrigado, sob plantio direto. O experimento foi desenvolvido em área experimental pertencente à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP, em Selvíria – MS, em um Latossolo Vermelho Distrófico. O delineamento estatístico foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial 5x3x2x4 (em 2006) e 5x3x2x2 (em 2007), ou seja, cinco doses de N (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹), três fontes de nitrogênio (Entec, sulfato de amônio e uréia) e duas épocas de aplicação (semeadura ou cobertura). Em 2006, foram utilizados quatro cultivares de trigo (E 21, E 22, E 42 e IAC 370), com 3 repetições. Já em 2007, foram utilizados os cultivares E 21 e IAC 370, com 4 repetições. Os cultivares mais produtivos foram o IAC 370 e E 21. Não houve diferença entre o Entec, sulfato de amônio e uréia para produtividade de grãos e para maioria dos componentes de produção. A aplicação do N totalmente em semeadura ou em cobertura foram semelhantes no desempenho da cultura. O teor de N foliar e o teor de clorofila (SPAD) correlacionam-se positivamente, comprovando a relação nitrogênio e clorofila. As doses de nitrogênio influenciaram o teor de N foliar, teor de clorofila (SPAD) e aumentaram a produtividade de grãos até a dose de 118,5 kg ha⁻¹ de N, independente do cultivar, fonte de N e época de aplicação.

Palavras - chave: *Triticum aestivum* L., irrigação por aspersão, Entec, sulfato de amônio, uréia e teor de clorofila.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M. **Doses, sources and time of nitrogen application in wheat cultivars under no-tillage system in savannah soil.** 2008. 80p. Dissertation (Master's degree) – da Faculdade de Engenharia, Unesp – Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2008.

Author: Eng^o. Agr^o. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho

Adviser: Prof. Dr. Salatiér Buzetti

Abstract – The use of wheat cultivar of high productive potential and the nitrogen fertilization are essential to get high income. Though, the studies about the response of the production components and productivity of wheat to nitrogen fertilization are insufficient, and it should be studied in specific environmental conditions, as the savannah area of low altitude, where there is need the use of irrigation. The objective of this work was to evaluate the effects of different doses and sources of N, using one ammonium sulfonitrate with nitrification inhibitor (Entec), applied totally at sowing or at covering, in different wheat cultivars irrigated, under no till. The experiment was conducted at experimental area belonging to UNESP – Ilha Solteira Campus, located in Selvíria - MS, in an Acrustox. A randomized block design was used, in a factorial scheme 5x3x2x4 (in 2006) and 5x3x2x2 (in 2007), being five doses of N (0, 50, 100, 150 and 200 kg ha⁻¹), three sources of nitrogen (Entec, ammonium sulfate and urea) and two application times (at sowing or at covering). In 2006, it was used four wheat cultivars (E 21, E 22, E 42 and IAC 370), with 3 repetitions. In 2007, it was used just the two best cultivars: E 21 and IAC 370, with 4 repetitions. The IAC 370 and E 21 wheat cultivars presented the highest productivity. There was no difference among Entec, ammonium sulfate and urea for grain yield and for majority of the production components. To the application of N totally at sowing or at covering it there was not difference between them. The N leaf and the chlorophyll contents (SPAD) were correlated positively, proving the relationship between nitrogen and chlorophyll contents. The doses of nitrogen influenced the N content, chlorophyll content (SPAD) and they increased the grain yield up to the dose of 118,5 kg ha⁻¹ of N, independent of cultivar, source of N and application time.

Words-key: *Triticum aestivum* L., irrigated by sprinkler, Entec, ammonion sulfate, urea and chlorophyll content.

Lista de Ilustrações

	Página
Figura 1. Desdobramento da interação doses de N dentro de cultivares, da análise de variância referente ao teor de N foliar (g kg^{-1}) de trigo. Selvíria – MS, 2007.....	43
Foto 1. Área experimental com a cultura do trigo no estágio inicial de emborrachamento, em plantio direto, da UNESP – Campus de Ilha Solteira, localizada em Selvíria – MS, 2007.....	70
Foto 2. Unidades experimentais com a cultura do trigo, mostrando o efeito de diferentes tratamentos, na FEPE da UNESP – Campus de Ilha Solteira. Selvíria – MS, 2007.....	70
Foto 3. Fertilizante “Entec”, uma fonte de N com inibidor de nitrificação. Selvíria – MS, 2006.....	71
Foto 4. Área experimental com a cultura do trigo no estágio de maturação, da UNESP – Campus de Ilha Solteira, localizada em Selvíria – MS, 2006.....	71

Lista de Tabelas

	Página
Tabela 1. Resultados da análise química do solo na camada de 0-0,20 m. Selvíria - MS.....	33
Tabela 2. Médias, teste de Tukey e equações de regressão referentes ao teor de nitrogênio foliar e leitura do clorofilômetro (SPAD) de folhas de trigo. Selvíria – MS, 2006 e 2007.....	41
Tabela 3. Desdobramento da interação cultivares e épocas de aplicação, da análise de variância referente ao teor de N foliar (g kg^{-1}) de trigo. Selvíria – MS, 2006.....	42
Tabela 4. Desdobramento da interação cultivares dentro de doses de N, da análise de variância referente ao teor de N foliar (g kg^{-1}) de trigo. Selvíria – MS, 2007.....	43
Tabela 5. Médias, teste de Tukey e equações de regressão referentes à altura de plantas e número de espigas de trigo por m^2 . Selvíria – MS, 2006 e 2007.....	45
Tabela 6. Médias, teste de Tukey e equações de regressão referentes ao número de espiguetas não desenvolvidas ($\text{N}^\circ \text{ESPG. ND.}$), número de espiguetas por espiga ($\text{N}^\circ \text{ESPG. ESP.}^{-1}$), número de grãos por espiga ($\text{N}^\circ \text{G. ESP.}^{-1}$) e número de grãos por espiguetas ($\text{N}^\circ \text{G. ESPG.}^{-1}$) de trigo. Selvíria – MS, 2006 e 2007.....	48
Tabela 7. Médias, teste de Tukey e equações de regressão referentes à massa hectolétrica, massa de 100 grãos e produtividade de grãos de trigo. Selvíria – MS, 2006 e 2007.....	53

Sumário

	Página
1. Introdução.....	12
2. Revisão de Literatura.....	14
2.1. Aspectos gerais e importância da cultura do trigo.....	14
2.2. Sistema plantio direto.....	16
2.3. Adubação nitrogenada.....	19
2.3.1. Nitrogênio e sua importância para cultura do trigo.....	19
2.3.2. Épocas de aplicação do nitrogênio.....	21
2.3.3. Características e comportamento de fontes de nitrogênio no solo....	23
2.3.4. Efeito de doses de nitrogênio na cultura do trigo.....	27
2.4. Índice SPAD e teor de clorofila.....	30
3. Material e Métodos.....	33
3.1. Localização e características do local.....	33
3.2. Delineamento experimental e tratamentos utilizados.....	34
3.3. Instalação e condução do experimento.....	34
3.4. Avaliações realizadas.....	35
3.5. Análise estatística.....	38
4. Resultados e Discussão.....	39
5. Conclusões.....	54
Referências.....	55
Apêndices.....	72

1. Introdução

As condições de solo, clima e topografia, favoráveis ao cultivo de trigo, tanto de sequeiro como irrigado, em épocas e altitudes definidas pela pesquisa, faz do Brasil Central região de enorme potencial para a expansão dessa cultura com a perspectiva de propiciar, à médio prazo, a auto-suficiência na produção nacional. Outrossim, a inserção do trigo no Cerrado contribui para diversificar os sistemas produtivos regionais agregando elementos para a sustentabilidade de produção nesse ecossistema brasileiro (INFORMAÇÕES, 2005).

A utilização de cultivares de trigo de alto potencial produtivo de grãos e a adubação nitrogenada são essenciais para a obtenção de altas produtividades, porém esta última requer cuidados em seu manuseio tanto no que concerne à época de aplicação quanto às doses aplicadas. Pequenas doses limitam a produtividade e altas doses podem levar ao acamamento, dificultando assim a colheita, e resultando em queda de produtividade. Além disso, podem trazer prejuízo ao ambiente, em função da lixiviação de nitrato para lençóis de água e prejuízo para o produtor com gasto desnecessário com a compra do adubo nitrogenado.

Tradicionalmente, devido a três fatores: baixa exigência inicial, possibilidade de perdas por lavagem e índice salino, as culturas anuais recebem na semeadura apenas uma fração da dose total do N que necessitam, e o restante é aplicado em cobertura sobre o solo ao lado das plantas nos períodos de maior exigência (MALAVOLTA, 1980).

Atualmente a época de aplicação de N é um dos aspectos mais polêmicos no manejo da adubação nitrogenada de gramíneas, no sistema plantio direto (SPD) com sucessão de gramíneas, uma vez que, nos primeiros anos de adoção do sistema, pode ocorrer a carência inicial de N, decorrente da imobilização causada pela decomposição microbiana dos resíduos da cultura antecessora. Assim, em alguns casos, a antecipação da adubação nitrogenada, em relação às recomendações convencionais ou, até mesmo, em relação à semeadura da cultura, pode ser mais eficiente no aumento da produtividade das culturas graníferas anuais (KLUTHCOUSKI et al., 2006). Entretanto, há necessidade de mais estudos, como para cultura do trigo em regiões com inverno seco e irrigação controlada. Nesse contexto, é fundamental também, o estudo de diferentes fontes de N, uma vez que, estes fertilizantes

apresentam comportamento diferente quando aplicados ao solo, em especial para perdas de nitrogênio.

A uréia é o fertilizante nitrogenado mais utilizado no Brasil devido às suas vantagens comparativas em termos de custo, facilidade de fabricação e custo final para o agricultor. Do ponto de vista agrônomo, a uréia apresenta uma séria limitação quando aplicada na superfície do solo, devido às chances de perdas por volatilização do NH_3 (KOELLIKER; KISSEL, 1988). Estas perdas em diversos tipos de solos apontam para valores superiores a 50% do N aplicado (CANTARELLA et al., 1999). Já o sulfato de amônio não sofre volatilização de nitrogênio amoniacal (N-NH_3) quando o pH é inferior a 7. Porém, este fertilizante tem sua eficiência reduzida basicamente por lixiviação de nitratos.

Visando maior eficiência dos adubos nitrogenados, recentemente foi lançado no mercado o adubo nítrico amoniacal, o sulfonitrato de amônio (Entec) que possui 26% de N total e 12% de enxofre, na sua maior parte na forma amoniacal (18,5% amoniacal e 7,5% na forma nítrica). O Entec apresenta em sua composição moléculas DMPP (3,4 dimetilpirazolfosfato) que atuam na inibição de nitrificação (LOS FERTILIZANTES..., 2006). A inibição do processo de nitrificação é interessante, pois mantém o N na forma de NH_4^+ que é forma mais assimilável pelas plantas, por mais tempo disponível para as plantas, e reduz as perdas de N por lixiviação do NO_3^- , podendo assim otimizar a adubação nitrogenada.

Todavia, os estudos sobre a resposta dos componentes de produção e produtividade do trigo à adubação nitrogenada são insuficientes, e devem ser estudadas em condições específicas de ambiente, como a região dos cerrados de baixa altitude, onde há necessidade do uso da irrigação. Sendo assim, o trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de diferentes doses e fontes de N, sendo uma com inibidor de nitrificação (Entec), aplicadas totalmente em semeadura ou em cobertura, nos componentes de produção e na produtividade de diferentes cultivares de trigo irrigado, sob plantio direto, cultivado em região de cerrado de baixa altitude.

2. Revisão de Literatura

2.1. Aspectos gerais e importância da cultura do trigo

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é um cereal da família das Poáceas (Gramíneas), originário da região dos rios Tigre e Eufrates, na Ásia. Este apresenta ciclo anual, e é cultivado no Brasil, durante o inverno e a primavera. O grão é consumido na forma de pão, massa alimentícia, bolo, biscoito, etc. Também é usado como ração animal, quando não atinge a qualidade exigida para consumo humano.

Considerado o “rei dos cereais”, o trigo fornece cerca de 20% das calorias provenientes dos alimentos consumidos pelo homem. Seu grande trunfo é possuir um tipo de proteína com certa elasticidade, chamada glúten, não encontrada em outros grãos. O glúten representa um conjunto de proteínas insolúveis, responsável pelo crescimento da massa quando a farinha de trigo é misturada à água (SILVA et al., 1996).

O grão de trigo é excelente fonte de energia (carboidratos), proteínas e fibras. Além disso, nutricionalmente é importante fonte de ferro e vitaminas B1 e B2. O germe de trigo é um alimento ideal para ser usado nos casos de desnutrição e na recuperação do desgaste físico dos atletas, podendo ser usado diariamente na alimentação. É muito utilizado pela indústria farmacêutica, para extração de óleos e de vitaminas. O farelo de trigo pode ser usado também como um complemento mineral e vitamínico (SILVA et al., 1996).

O trigo é a segunda cultura de grãos em nível mundial em termos de produção, sendo superado apenas pelo milho. A China é o maior produtor mundial de trigo, com cerca de 14,5% do total, seguido pelos países da União Européia, Índia e Estados Unidos (BISOTTO, 2005).

Na safra 2007/08, segundo dados preliminares, a área brasileira cultivada com trigo foi de 1.809.900 de hectares, com produção de 3.810.600 toneladas e com produtividade de 2.100 kg ha⁻¹. O Brasil teve um consumo de 10.250.000 toneladas de grãos, por isso teve que importar 6.525.000 toneladas, ou seja, 77% do total do consumo, tornando o Brasil dependente de países como Argentina, Canadá e EUA, pagando até 30% mais caro que o

produto nacional. A região sul do Brasil (PR, SC, RS) é responsável por 90% da produção, o Paraná é o maior produtor brasileiro com 48,8% do total. O consumo de trigo no Brasil é de aproximadamente 60 kg habitante⁻¹ ano⁻¹ (CONAB, 2007).

As atuais e potenciais regiões tritícolas brasileiras são: Região Sul, Região Centro-Sul e a Região Central. As regiões Sul e Centro-Sul, representam cerca de 98% da área atualmente cultivada. A Região Central, embora ainda pouco cultivada com trigo, em sua maioria, representa um enorme potencial para a produção da cultura, tanto no regime de sequeiro, quanto no regime irrigado (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, 2001).

Na região do cerrado, a boa performance da cultura vem sendo garantida não só pelo criterioso manejo do solo, mas também pelo melhoramento genético, que viabilizou o cultivo de culturas de regiões de temperatura mais amena, tais como o trigo (FREITAS et al., 1995). Porém, muitos solos cultivados com trigo na região dos cerrados e no estado de São Paulo são ácidos e de baixa fertilidade, e limitam a produtividade de grãos. Assim, o uso de cultivares de trigo tolerantes ao alumínio tóxico, e eficientes e responsivos ao aproveitamento de nutrientes (BARTLETT; RIEGO, 1972, OLIVEIRA et al., 1984, CAMARGO et al., 1987, ALVES et al., 1988, FAGEIRA, 1990, HUANG; GRUNS, 1992, RYAN; KOCHIAN, 1993) assume a importância na redução do custo de produção e no aumento da produtividade e qualidade de grãos deste cereal.

Na cultura do trigo irrigado, na região Centro-Oeste, a maior parte do custo de produção da lavoura é com a compra de adubo (14%), com destaque para os adubos nitrogenados, seguido da semente com 12,5% do custo de produção da cultura (CÁNOVAS; SILVA, 2000). Para o trigo irrigado, que apresenta maior potencial de produtividade de grãos, sugerem-se doses de N maiores. Contudo, alguns cultivares são suscetíveis ao acamamento de plantas, que pode provocar reduções na produção e qualidade dos grãos (SILVA et al., 1996). O acamamento afeta a estrutura morfológica essencial para o uso eficiente de carboidratos e sua translocação para o grão e, quanto mais cedo ocorre, maior será a redução na produtividade e na qualidade do grão (ZANATTA; OERLECKE, 1991).

De acordo com Mundstock (1999), a falta de incentivo à produção, a pequena área cultivada e os baixos tetos de produtividade são fatores que contribuem para o déficit anual na produção brasileira de trigo. Entretanto, a cultura do trigo no Brasil 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 (EMBRAPA, 2001).

A produção final da cultura é definida em função da cultivar utilizada, da quantidade de insumos e das técnicas de manejo empregadas. A crescente utilização de cultivares de alto potencial produtivo tem implicado no uso mais freqüente de insumos, entre os quais a adubação nitrogenada mostra-se importante na definição da produtividade (ZAGONEL, 2002). Portanto, há necessidade de se estudar cultivares de trigo verificando se são responsivos à absorção e utilização dos nutrientes existentes e aplicados ao solo (FREITAS et al., 1995) e o desempenho dos mesmos em diferentes ambientes e práticas culturais.

2.2. Sistema plantio direto

O sistema plantio direto (SPD) é um sistema de cultivo relativamente recente no Brasil, surgindo no início dos anos 70 na região Sul do país, em trabalhos de pesquisa realizados no Rio Grande do Sul e Paraná. Seu princípio básico consiste na manutenção de resíduos vegetais em superfície e ausência de revolvimento do solo.

No SPD a presença desses resíduos na superfície promove maior proteção contra o impacto direto das gotas de chuva, favorece a infiltração, reduz perda de água por escoamento superficial e perda de solo e nutrientes por erosão (WUTKE et al., 1993, HERNANI et al., 1999).

De acordo com Costa (2000), o não revolvimento do solo, a decomposição de matéria orgânica vegetal na superfície e o cultivo diversificado de espécies por meio da rotação de culturas promovem alterações nas características do solo diferentemente daqueles que ocorrem em sistemas que promovem o revolvimento do solo. Esse não revolvimento do solo leva a decomposição mais lenta e gradual do material orgânico, tendo como conseqüência alterações físicas, químicas e biológicas do solo que irão repercutir na fertilidade e na produtividade das culturas (HOLTZ; SÁ, 1995).

Para Lara Cabezas et al. (2000), o não revolvimento do solo promove modificações na ciclagem dos nutrientes, e o N é o mais afetado, pois com a decomposição mais lenta dos resíduos vegetais deixados na superfície do solo, processos como a imobilização, mineralização, lixiviação, volatilização e desnitrificação são alterados. A decomposição de palhada de gramíneas com alta relação C/N pode induzir deficiência de nitrogênio nas plantas, em função da imobilização deste nutriente pelos microrganismos (KURIHARA et al., 1998).

A imobilização do N aplicado ao solo pela biomassa no plantio direto pode ser significativa quando o fertilizante é aplicado sobre a superfície do solo, devido a maior presença de material orgânico nessa camada (AMADO et al., 2002). Isso ocorre com maior intensidade numa seqüência de culturas com predominância de gramíneas (alta relação C/N), que podem, pelo menos nos primeiros anos do plantio direto, ocasionar a imobilização do N (FANCELLI; FAVARIN et al., 1989).

A mineralização da matéria orgânica é um processo dinâmico caracterizado pela transformação do material orgânico em substâncias orgânicas (como os ácidos orgânicos e húmus) ou mineralizadas (como nitratos, fosfatos, sulfatos, formas amoniacais, gás carbônico, água, etc). Este processo ocorre mais intensamente nas regiões tropicais. A elevada taxa de decomposição dos resíduos vegetais nas regiões quentes e úmidas contribui para a imediata liberação dos nutrientes que foram absorvidos pelas plantas. Além disso, a rápida decomposição pode contribuir para diminuição dos patógenos (CALEGARI et al., 1998).

Segundo Floss (2000), as palhadas de gramíneas também são fornecedoras de nutrientes às culturas sucessoras a médio e longo prazo, especialmente na camada superficial. Entretanto, o problema da baixa disponibilidade de nitrogênio em sucessões de gramíneas parece ser agravado no SPD. Embora o plantio direto promova um aumento nos teores de N total do solo, freqüentemente se observa uma menor absorção de N por cereais neste sistema, em comparação com o sistema convencional (KITUR et al., 1984).

Diversas causas tem sido apontadas para explicar essa menor disponibilidade de N: maiores perdas por lixiviação e desnitrificação, menor mineralização dos resíduos da cultura anterior e do N orgânico do solo e uma maior imobilização microbiana do fertilizante nitrogenado aplicado em cobertura, além da possibilidade de interações entre alguns desses fatores. Dentre as causas prováveis para a menor disponibilidade de N no SPD, a imobilização microbiana do N tem sido considerada a mais importante (KITUR et al., 1984). A maior imobilização microbiana ocorre nas camadas superficiais do solo sob plantio direto (VARGAS et al., 1998), podendo ser suficientemente elevada para, isoladamente, afetar a absorção de nitrogênio pelas plantas. A maior lixiviação de N no plantio direto comparada ao plantio convencional, é atribuída à maior infiltração de água no solo condicionada pela continuidade de poros e pela “rugosidade” da superfície do solo propiciada pela presença de palha (AMADO et al., 2002).

Os processos de mineralização/imobilização de N, exercidos pelos microrganismos quimiorganotróficos no solo sob plantio direto, levam a matéria orgânica do solo a funcionar

como fonte ou dreno de N, o que na maioria das vezes, depende do tempo de adoção do plantio direto. Nos primeiros anos de adoção do sistema, prevalece o caráter dreno, devido ao acúmulo de matéria orgânica do solo exceder a decomposição. Após alguns anos de adoção do sistema, ocorre estabilização das condições e o caráter fonte e dreno se equivalem, e com o passar dos anos, com aporte de N via decomposição de resíduos vegetais será maior que a quantidade de N imobilizado pelos microrganismos do solo (AMADO et al., 2002). Hipoteticamente, Sá (1999) demonstrou que, nos primeiros anos de adoção do sistema plantio direto, até pelo menos oito anos, a imobilização do nitrogênio é maior que a sua mineralização. A partir deste período, a mineralização passa a ser importante.

No SPD, há incremento no teor de matéria orgânica na camada superficial do solo, que propicia melhoria considerável na capacidade de retenção de nutrientes pelas partículas minerais e reduzem perda por lixiviação ou erosão. Além disso, pela ausência de revolvimento do solo, os adubos permanecem concentrados na camada superficial onde são depositados, favorecendo a absorção dos elementos pelas plantas (KURIHARA et al., 1998).

No solo, a principal fonte de N é a matéria orgânica, por isto, esclarece Ceretta (2000), a dinâmica do N no solo está intimamente associada à dinâmica da matéria orgânica. Ainda segundo esse autor, se por um lado a imobilização microbiana do N pode comprometer a adequada disponibilidade de N às plantas em momentos pontuais, por outro lado não representa fenômeno de perda de N e sim a sua conservação.

De maneira geral, a maioria das culturas é de forma ou de outra, beneficiada pelo SPD. Os fatores que contribuem para o aumento na produtividade das culturas em SPD estão relacionados à melhoria física, química e biológica (CALEGARI et al., 1998). Porém, os estudos da influência dos resíduos culturais deixados na superfície do solo sobre a produtividade de culturas plantadas em sucessão são relativamente recentes. Embora grande quantidade de N possa existir na parte aérea das culturas de cobertura, a quantidade real de N que será aproveitada pela cultura em sucessão irá depender do sincronismo entre a decomposição da biomassa e a taxa de demanda da cultura (BRAZ et al., 2006).

2.3. Adubação nitrogenada

2.3.1. Nitrogênio e sua importância para cultura do trigo

O nitrogênio (N), um dos nutrientes mais exigidos pelo trigo, é um dos elementos mais abundantes na natureza, porém, na forma de N_2 , encontrado na atmosfera, não está prontamente disponível às plantas. O maior reservatório de N nos solos está ligado à cadeia carbônica da matéria orgânica, também em formas não diretamente disponíveis para as plantas. Geralmente menos de 5 % do N total está em formas inorgânicas como íon amônio (NH_4^+) e o íon nitrato (NO_3^-) (SÁ, 1996). De acordo com Malavolta (1980), o teor de N total da camada de 0-0,20 m dos solos brasileiros cultivados, varia de 0,05 a 0,5% de N, o que equivale de 1.000 a 10.000 kg ha⁻¹.

O N é essencial para o crescimento das plantas, pois é parte de cada célula viva e constituinte de moléculas de proteínas, enzimas, ácidos nucléicos e citocromos, além de sua importante função como integrante da molécula de clorofila (BÜLL, 1993). Segundo Harper (1994), o nitrogênio (N) é um elemento essencial para as plantas, pois participa de uma série de rotas metabólicas-chave em sua bioquímica, sendo constituinte de importantes biomoléculas, tais como ATP, NADH, NADPH, clorofila, proteínas de armazenamento, ácidos nucléicos e enzimas.

Além de sua importância biológica, o nitrogênio é o nutriente mais difícil de ser manejado nos solos de regiões tropicais e subtropicais, em virtude do grande número de reações a que está sujeito e a sua alta instabilidade no solo (ERNANI, 2003).

A deficiência de nitrogênio no solo é causada por baixo teor de matéria orgânica e perdas por lixiviação, volatilização, desnitrificação e erosão. O sintoma de deficiência de nitrogênio é caracterizado por amarelecimento das folhas mais velhas e, dependendo da intensidade e da evolução da deficiência, pode atingir toda a planta. As lâminas das folhas inferiores morrem, ficando o tecido com coloração marrom-chocolate (INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE, 2007). Segundo Carvalho et al. (2003), a carência de nitrogênio é observada em quase todos os solos, constituindo o critério de identificação da deficiência no aparecimento de uma clorose generalizada das folhas, iniciando-se pelas folhas mais velhas, que está relacionada com a participação do N na estrutura da molécula de clorofila.

A situação da pesquisa com adubação nitrogenada, fosfatada, boratada e a calagem para as culturas, inclusive do trigo, no Estado de São Paulo, é baseada nos efeitos individuais dos nutrientes (CAMARGO; LEITE, 1976, CAMARGO et al., 1997, CAMARGO et al., 1988, 1992 e RAIJ et al., 1997). Porém, com a diminuição da acidez do solo, pelo uso do calcário, e do aumento da disponibilidade de nutriente pela adubação, as interações entre os nutrientes e os cultivares podem passar a ser mais importantes do que os efeitos individuais. Este estudo é mais difícil e complexo no caso do nitrogênio, o qual pode ser afetado pela disponibilidade da água, da cultura anterior, do tipo de solo e da variabilidade genética dos cultivares. Camargo (1976), Parameswaran et al. (1984) e Freitas et al. (1995), em experimentos no campo e em casa de vegetação, verificaram que o estresse de água interagiu significativa e negativamente com a aplicação de nitrogênio na produção de grãos de trigo. O fato já era de esperar, pois o mecanismo principal de contato íon-raiz para o nitrogênio é o fluxo de massa (EPSTEIN, 1975). Assim, quanto mais água for absorvida pelas plantas de trigo, mais nutrientes da solução do solo serão absorvidos.

O suprimento de nutrientes minerais afeta fortemente o crescimento, a morfologia e a distribuição do sistema radicular no substrato ou no perfil do solo. Este efeito é bastante claro com o nitrogênio. Desta forma, uma quantidade adequada de nitrogênio é essencial para incrementar a produtividade. No período compreendido entre a fase de emergência das plântulas até à diferenciação do primórdio floral, a falta de N reduz o número de espigas por área, a formação de espiguetas por espiga e a massa de 1000 grãos de trigo (FRANK; BAUER, 1996). Sabe-se que para a produção de 1 t de grãos de trigo, são exportados em torno de 25 kg de N via colheita (SOUSA; LOBATO, 2004).

Para Zagonel et al. (2002), todos os componentes de produção do trigo podem beneficiar-se em maior ou menor grau do nitrogênio, exceto a população de plantas. O nitrogênio pode incrementar o número de espiguetas por espiga, de grãos por espiguetas e o tamanho do grão, ainda que seu efeito sobre este último componente seja pouco consistente, pois é dependente das condições ambientais durante a sua formação. Embora se possa incrementar cada um dos componentes, individualmente, fenômenos compensatórios fazem com que, freqüentemente, os componentes se relacionem de forma negativa, tendendo a propiciar o incremento de uns e o decréscimo de outros; assim, a mesma produtividade pode ser obtida por diferentes caminhos, sendo difícil estabelecer-se uma combinação ótima dos componentes de produção (LAMOTHE, 1998).

Os cultivares de trigo diferem substancialmente na sua capacidade de emissão de perfilhos, no seu ciclo, na arquitetura de planta e no potencial produtivo. Estas diferenças podem interferir na capacidade de absorção, assimilação e conversão do nitrogênio à produção de grãos. Além disso, a cada ano são lançados novos cultivares que, por apresentarem base genética diferenciada, podem apresentar resposta distinta à época de aplicação e à dose de nitrogênio. Para Amado et al. (2002) e Figueiredo et al. (2005), a dinâmica do N no sistema solo-planta, com a conseqüente eficiência da utilização de N pela planta, é influenciada principalmente pelo sistema de cultivo, tipo de fertilizante, formas de manejo e condições edafoclimáticas.

2.3.2. Épocas de aplicação do nitrogênio

A época correta de aplicação do nitrogênio é fundamental para incrementar a produtividade de grãos, pois aplicações muito precoces ou muito tardias podem ser pouco aproveitadas pelas plantas (SILVA et al., 2005). A aplicação de nitrogênio no momento adequado pode aumentar a eficiência de uso do nitrogênio pelo trigo, incrementando o número de grãos por espiga e o número de espigas por área. Além dos aspectos agronômicos, a fertilização em época apropriada pode reduzir os riscos de poluição das águas subterrâneas ocasionados pelo acúmulo de nitrato (MAHLER et al., 1994).

O estágio de crescimento e desenvolvimento da planta são importantes para definir a época de aplicação do nitrogênio. Portanto, é importante conhecê-los para adotar o manejo mais adequado do N (MUNDSTOCK, 1999). Para Ramos (1973), o nitrogênio tem que estar disponível no estágio de perfilhamento, período no qual o mesmo é muito importante na determinação do número de perfilhos por planta, espigas por planta e de grãos por espiga de trigo.

Segundo Mundstock (1999), o parcelamento da adubação nitrogenada proporciona maior eficiência na assimilação do nutriente pelo trigo, diminuindo as perdas por lixiviação em anos chuvosos e por volatilização em anos secos.

Em geral, tem-se que a principal perda de N ocorre por lixiviação, e para evitá-la recomenda-se seu parcelamento, em cobertura, após a emergência das plantas. No entanto, segundo revisão feita por Reichardt et al. (1982), citados por Yamada e Abdalla (2000), esta modalidade de perda é muito pequena.

Concomitantemente ao avanço da adoção do sistema plantio direto, que está presente em mais de 20 milhões de hectares no Brasil (CARVALHO, 2005), estimando-se que só nos Cerrados existam mais de cinco milhões de hectares nesse sistema, tem ocorrido um incremento gradual na matéria orgânica do solo. Não obstante esta constatação, vale destacar que, quando se aplica o fertilizante nitrogenado mineral seguindo a recomendação convencional, ou seja, em cobertura, pode-se provocar um maior retardamento na disponibilização deste nutriente para as plantas. Isto ocorre porque, numa primeira instância, o nitrogênio aplicado ao solo pode ser parcial ou totalmente seqüestrado/absorvido pelos microrganismos do solo para, após algumas semanas, ser novamente liberado para a solução do solo. Este fato pode estar comprometendo a nutrição das plantas em tempo hábil, o que leva a sugerir a aplicação antecipada do nitrogênio, pelo menos de uma parte da dose recomendada (requerida) pela cultura (KLUTHCOUSKI J. et al., 2006). Para Ceretta (2000), por exemplo, a produtividade do milho na Região Sul do Brasil, em muitos casos, pode estar sendo limitada pela aplicação insuficiente de nitrogênio por ocasião da semeadura.

Avaliando a disponibilidade de N e produtividade de trigo com diferentes métodos de adubação nitrogenada em plantio direto, Ros et al. (2003), verificaram que a aplicação de N total na semeadura ou em cobertura, não diferiram em produtividade de grãos, considerando a mesma dose. Entretanto, a antecipação da adubação nitrogenada em uma única dose pode não possibilitar uma disponibilidade adequada de N no solo, pois em anos com excesso de chuva o comportamento pode ser diferente.

Bredemier e Mundstock (2001), caracterizando o período do desenvolvimento crítico para suplementação de N em cobertura em dois cultivares de trigo e os componentes de produção de grãos, concluíram que o tratamento no qual o nitrogênio foi aplicado no início do ciclo (emissão da terceira folha) estimulou as plantas a aumentarem o número de espiguetas e conseqüentemente o número de grãos por espigas. Já o tratamento no qual o nitrogênio foi aplicado mais tardiamente (emissão da sétima folha) estimulou a sobrevivência de maior número de colmos, decorrendo disto o aumento de grãos por área.

Segundo Basso e Ceretta (2000), no sistema plantio direto, a aplicação de N em pré-semeadura do milho pode ser uma alternativa técnica, desde que o período de cultivo do milho não seja caracterizado pela ocorrência de intensas e freqüentes chuvas. Desta maneira, devido à incerteza na precipitação pluvial, a aplicação de N em uma única época, tanto na pré-semeadura ou na semeadura, pode comprometer a produtividade devido à perda de N por lixiviação de nitrato (ROS et al., 2003). Contudo, há necessidade de mais estudos sobre a

aplicação antecipada do N em sistema plantio direto, como para a cultura do trigo irrigado que é cultivado no inverno seco.

2.3.3. Características e comportamento de fontes de nitrogênio no solo

Em geral, para escolha do fertilizante nitrogenado, o produtor baseia-se, geralmente, no custo da unidade de N, na disponibilidade e na eficiência da fonte aplicada.

De acordo com Barbosa Filho e Silva (2001), a uréia e o sulfato de amônio são duas fontes que apresentam baixa eficiência de utilização pelas culturas, raramente superior a 50 %, porém são as mais utilizadas na agricultura brasileira, possivelmente por serem de menor custo e de maior disponibilidade no mercado.

Dentre as fontes nitrogenadas, a uréia ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) que é um fertilizante sólido, na forma de grânulos brancos destaca-se por apresentar elevada concentração de N (~ 45% de N), alta solubilidade, baixa corrosividade e menor relação custo por unidade de nutriente. Além disso, por ser um adubo altamente concentrado, torna-se mais barato o transporte, o armazenamento e a aplicação. Entretanto, um dos inconvenientes da uréia é a perda do N, pela hidrólise da mesma e a volatilização da amônia, principalmente em solos úmidos e bem intemperizados (COSTA et al., 2004). A hidrólise da uréia não ocorre sem umidade, entretanto o orvalho e a ascensão da umidade do solo durante o período noturno, são suficientes para desencadear o processo (SERRANA, 2000).

Para Cantarella et al. (2004) a volatilização caracteriza-se numa forma de perda gasosa de N como NH_3 , condicionadas por diversos fatores como: temperatura do solo, vento, umidade do solo, umidade relativa do ar, resíduos vegetais, teor de matéria orgânica do solo, textura do solo e presença da enzima urease.

Assim ao ser adicionada ao solo, a uréia hidroliza pela ação da enzima urease produzida por bactérias e actinomicetos presentes no solo, depois sofre amonificação com formação de carbonato de amônio, que é um sal instável que se decompõe em gás carbônico e amônia, podendo haver perdas por volatilização do NH_3 , provocando uma forte elevação do pH próximo ao local onde ocorreram reações. Se a uréia não for incorporada ao solo ou irrigada logo após aplicação, as perdas do N amoniacal por volatilização serão mais elevadas. No final deste processo, o N se transforma na forma amoniacal (MELLO, 1987).

Quando o fertilizante foi aplicado na superfície do solo, Lara Cabezas e Yamada (1999), encontraram perdas de N por volatilização da uréia acima de 30% e 70%, em plantio convencional e sistema plantio direto, respectivamente. A incorporação da uréia, independente do sistema de manejo do solo, reduziu drasticamente a volatilização do N, sendo mais expressiva no sistema plantio direto.

O íon NH_4^+ , por ser cátion pode ser retido temporariamente e superficialmente no complexo coloidal (adsorvido), passando depois para solução do solo, podendo ser absorvido pelas plantas, lixiviado ou transformado em nitrito pelas bactérias do gênero *Nitrossomonas* e *Nitrosococcus* e rapidamente a nitrato pelas bactérias do gênero *Nitrobacter*. Então devido ao saldo positivo de H^+ liberado, esse processo promove a acidificação do meio.

Na maioria dos solos brasileiros, a nitrificação do N-NH_4^+ é relativamente rápida. Segundo Malavolta (1981) cerca de 60 a 70% do N aplicado sofre nitrificação em cinco semanas. Porém, esse período tem relação direta com a fonte de N, o sistema de manejo do solo e as condições intrínsecas do mesmo. Estudando duas fontes de N, Vale et al. (1991), verificaram que independente da dose de N aplicada, a taxa de nitrificação foi maior para o NH_4^+ proveniente da uréia, em relação ao sulfato de amônio, tal fato foi atribuído à elevação do pH do solo em função da hidrólise da uréia. Para Vitti e Barros Júnior (2001), deve-se dar preferência à utilização de N amoniacal (NH_4^+), uma vez que, nesta forma, o nitrogênio não irá promover a elevação do pH da rizosfera, demandando menos energia por parte da planta para metabolizar o nitrogênio, além de manter o equilíbrio eletrolítico da rizosfera. Nas plantas cultivadas em solo, o efeito do nitrogênio no aumento da área da superfície radicular é, em geral, mais distinto com o nitrogênio amoniacal do que com o nítrico (MARSCHNER, 1995).

De acordo com Below (1995), embora o aumento no suprimento de NH_4^+ nos solos possa melhorar a performance da planta, numerosas espécies têm mostrado absorver mais N e crescer mais rapidamente quando supridas com misturas de NO_3^- e NH_4^+ que quando adubadas somente com NO_3^- .

O sulfato de amônio $((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)$ é uma opção como fonte de N, que não sofre volatilização de nitrogênio amoniacal (N-NH_3) quando o pH é inferior a 7. Porém, este fertilizante tem sua eficiência reduzida basicamente por desnitrificação e lixiviação de nitratos. Ao se adicionar ao solo, o sulfato de amônio se dissocia em NH_4^+ e SO_4^{-2} , que podem ser absorvidas pelas plantas. O N amoniacal é oxidado a nitrato (NO_3^-) e há liberação de H^+ no

sistema, caracterizando-o como fertilizante acidificante do solo. Segundo Barbosa Filho et al. (2004) o sulfato de amônio tem um efeito acidificante maior que a uréia.

Além de fonte de nitrogênio o sulfato de amônio fornece também o enxofre (MALAVOLTA, 1980, ALCARDE et al., 1991), que é um nutriente de fundamental importância para os processos de fotossíntese, respiração, composição de aminoácidos e proteínas. A disponibilidade de enxofre no solo depende de fatores, como a quantidade de matéria orgânica, umidade, pH, relação C/S e arejamento. Sua deficiência nas plantas pode ser causada, principalmente, pelo baixo teor de matéria orgânica mineralizável no solo e diminuição na velocidade da mineralização dessa matéria orgânica (MALAVOLTA, 1980). A existência de uma relação N:S aproximadamente rígida nas proteínas leva à necessidade de um balanço adequado na nutrição das plantas quanto a esses elementos. Níveis adequados de adubação nitrogenada, sob baixos teores de enxofre no solo, podem levar ao acúmulo de formas não protéicas de nitrogênio, resultando em uma ineficiente utilização dos fertilizantes nitrogenados e baixa qualidade dos produtos. Porém, a resposta das culturas à adição de enxofre depende dos teores iniciais deste nutriente no solo.

Segundo Ensminger e Frenney (1966), citados por Malavolta (1980), em teores de sulfato no solo da ordem de 18 a 20 mg dm⁻³, a resposta à adubação com esse nutriente não é possível. Quanto ao enxofre na cultura do trigo, segundo Malavolta et al. (1974), as gramíneas possuem uma baixa exigência mineral desse elemento, quando comparada às leguminosas e hortícolas, ao passo que o nitrogênio é um dos nutrientes mais exigidos pelo trigo.

Para Cantarella (1998), as fontes de nitrogênio como nitrato de amônio, nitrato de cálcio e sulfato de amônio não estão sujeitas as perdas por volatilização da amônia, no entanto, qualquer uma delas, inclusive a uréia podem sofrer perdas por desnitrificação como consequência da diminuição da aeração, pela maior umidade combinado com os problemas físicos de compactação e na presença de compostos de carbono solúveis.

O nitrato é mais facilmente lixiviado que o amônio. Portanto a inibição da nitrificação é importante, porque abre a possibilidade de manter o N na forma mais assimilável pela planta, ou seja, mantém o amônio por mais tempo disponível para a planta, proporcionando um fornecimento contínuo e equilibrado do N, otimizando a adubação nitrogenada com a diminuição da perda por lixiviação, principalmente do nitrato (LANA et al., 2006).

Com o intuito de melhorar a eficiência dos fertilizantes nitrogenados, recentemente foi lançado no mercado o adubo nítrico amoniacal sulfonitrato de amônio (Entec) que possui 26% de N total e 12% de enxofre, na sua maior parte na forma amoniacal (18,5% amoniacal e

7,5% na forma nítrica). Segundo o fabricante, em condições normais de cultivo a forma amoniacal do adubo não passa rapidamente para a nítrica em função da presença do agente estabilizante DMPP (3,4 dimetilpirazolfosfato) que é originado do grupo dos pirazóis, é um inibidor temporário do processo da nitrificação causado pelas bactérias *Nitrosomonas*, responsáveis pela transformação de NH_4^+ (amônio) em NO_2^- (nitrito) na primeira fase da nitrificação. Com este procedimento, é prolongado o efeito residual do NH_4^+ por um período de 6-8 semanas sob forma menos lixiviável na camada arável, com possibilidade de aumento na absorção de nitrogênio pelas raízes e conseqüente redução das perdas por lixiviação para as áreas mais profundas, fora do alcance das raízes.

Podendo assim, ser aplicado totalmente na semeadura, juntamente com fósforo e potássio em uma única operação, não necessitando de irrigação, nem da entrada de máquinas na lavoura para aplicação de nitrogênio em cobertura, reduzindo assim custos. Entretanto, o DMPP apresenta liberação lenta e gradativa do N, conforme temperatura e disponibilidade hídrica no solo (LOS FERTILIZANTES..., 2006). Dessa forma, havendo as condições ideais de temperatura ($T \leq 20^\circ\text{C}$) e umidade no solo, a eficiência da adubação nitrogenada pode ser ampliada através da aplicação do Entec, com redução de perdas de N e melhor disponibilização às plantas.

As principais vantagens dos fertilizantes de liberação lenta, de acordo com Shaviv (2001), são: fornecimento regular e contínuo de nutrientes na época necessária para as plantas; menor freqüência de aplicações; redução de perdas de nutrientes por lixiviação, desnitrificação, imobilização e ainda volatilização; eliminação de danos causados a sementes e raízes devido à alta concentração de sais; maior praticidade no manuseio dos fertilizantes; redução da poluição ambiental pelo nitrato, atribuindo valor ecológico à atividade agrícola (menor contaminação de águas subterrâneas e superficiais); redução nos custos de produção.

Comparações entre diversas fontes de fertilizantes nitrogenados foram feitas por vários autores (CANTARELLA; RAIJ, 1986, CANTARELLA et al., 1988, FARIA; PEREIRA, 1992) e em geral, havendo condições satisfatórias de umidade do solo, não tem sido encontradas diferenças na eficiência destas fontes sob condições de campo; por exemplo, na produtividade de trigo (BARTZ et al., 1976), de milho (CAMPOS; TEDESCO, 1979, COELHO et al., 1992), de feijão (PARRA et al., 1980), de cebola (FARIA; PEREIRA, 1992), ou em trigo cultivado em casa de vegetação (GARGANTINI; OLIVEIRA FILHO, 1972).

De forma semelhante, estudos sobre fontes de N de liberação lenta (uréia recoberta), em comparação com formas mais solúveis (uréia e sulfato de amônio), não evidenciaram

diferenças na produtividade de arroz e nos teores de NH_4^+ e NO_3^- , no solo (MACHADO; MAGALHÃES, 1973). Resultados equivalentes foram também obtidos por Magalhães (1976) e, segundo Grove et al. (1980), a uréia recoberta com enxofre e o nitrato de amônio revestido com calcário não promoveram produtividades superiores às obtidas com a uréia e com o sulfato de amônio. Semelhantemente, diferenças significativas não foram obtidas entre a uréia e o sulfato de amônio na absorção de N e na produtividade de milho cultivado sob irrigação (COELHO et al., 1992) ou em trigo cultivado em casa de vegetação (GARGANTINI; OLIVEIRA FILHO, 1972).

Já Peruzzo et al. (1994), estudando dezoito fontes de nitrogênio, na cultura do trigo, concluíram que ocorre maior absorção de nitrogênio nas fontes nitrocálcio de gesso (DH), nitrocálcio, nitrato de uréia compactada com fosfato de patos, nitromagsulfocálcio de gesso (DH) e sulfato de amônio, quando estes são aplicados na semeadura e em cobertura, do que quando eles foram aplicados somente na semeadura. Esta constatação também foi verificada por Ramos e Zimmermann (1976), evidenciando, portanto, a importância da aplicação parcelada de nitrogênio em trigo.

Em síntese, considerando-se o efeito positivo da agregação de gesso, de sulfato de amônio ou de fosfato de patos à uréia, verificado por Peruzzo et al. (1994), e a ausência deste efeito, nos outros experimentos; pode-se inferir, inclusive com base nos dados apresentados por Terman (1979), que a eficiência dos diversos produtos testados tenha sido parcialmente dependente das condições do solo (umidade na superfície, presença de resíduos culturais, teor de matéria orgânica, etc) e das condições climáticas ocorrentes após a aplicação dos fertilizantes e durante o desenvolvimento das plantas.

2.3.4. Efeito de doses de nitrogênio na cultura do trigo

A produtividade de uma cultura é uma função direta da quantidade de nutrientes acumulados pela planta. Doses maiores de N devem ser aplicadas quando se pretende obter altas produtividades, em cultivares resistentes ou moderadamente resistentes ao acamamento e com alto potencial de produtividade (CAMPOS et al., 2004). Em média, são utilizados de 30 a 60 kg ha⁻¹ do elemento (COSTA; OLIVEIRA, 1998), sendo as menores doses recomendadas para as cultivares de porte alto e/ou para solos de alta fertilidade.

Entretanto, o manejo adequado da adubação nitrogenada é um dos mais difíceis, e a única alternativa para se fazer a recomendação desta adubação é pela determinação da curva de resposta em relação a várias doses deste nutriente (SANTOS; SILVA, 2002).

Teixeira Filho et al. (2007), estudando a resposta de 4 cultivares de trigo irrigados por aspersão na região do cerrado a diferentes doses de N (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹), aplicados na forma de uréia em cobertura, verificaram que as doses de N influenciaram significativamente e de forma quadrática a produtividade de grãos, a massa de 100 grãos, o teor de N foliar, o número de espigas por metro, o comprimento de espigas e o número de espiguetas por espiga. Também Frizzone et al. (1996), trabalhando com trigo irrigado em um Latossolo Vermelho Distrófico no cerrado, encontraram resposta positiva à adubação nitrogenada em cobertura, mas ressaltaram que essa resposta depende da quantidade de água que é fornecida pela irrigação.

Já Scalco (2002), estudando a produtividade e qualidade industrial do trigo sob diferentes níveis de irrigação e adubação, na região de Lavras - MG, verificou que variações na produtividade e massa hectolétrica do trigo podem ocorrer em função da lâmina de aplicação de água em diferentes doses de nitrogênio e cultivares.

Vieira et al. (1995), avaliando o efeito de doses e procedimentos relacionados a épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do trigo, cultivado em sucessão à cultura da soja, sobre a produção e qualidade fisiológica das sementes, verificaram que o fornecimento da adubação nitrogenada em cobertura, independentemente de doses e de épocas de aplicação, elevou a produção de sementes. Já Freitas et al. (1994), estudando as respostas da produção de grãos e outras características agrônômicas de diferentes cultivares de trigo à adubação nitrogenada, observaram que para cada cultivar é necessária determinada quantidade de adubo nitrogenado, obtendo cultivares que responderam para a produção de grãos à aplicação das doses de 60 e 120 kg ha⁻¹, encontrando efeitos significativos para doses de nitrogênio em relação ao número de espiguetas por espiga, grãos por espiga e comprimento de espiga. Também Camargo et al. (1988), obtiveram correlações positivas entre doses de 0, 60, 120 kg ha⁻¹ e número de grãos por espiga, produtividade de grãos e efeito negativo entre doses de N com massa de 1000 grãos.

Por outro lado, Pettinelli Neto et al. (2002), estudando cinco doses de nitrogênio e seis cultivares de trigo, constataram que não houve efeito das doses de N sobre as variáveis estudadas (acamamento, número de espigas por m², número de grãos por espiga, massa de 100 grãos e produtividade de grãos).

Já Freitas et al. (1995), estudando as respostas ao N de oito cultivares de trigo, quanto à produtividade de grãos e outras características agronômicas, constataram efeitos significativos das doses de N (de 0 até 120 kg ha⁻¹) na produtividade de grãos, confirmando o potencial do trigo em responder a altas doses de N. Com relação ao número de grãos por espiguetas, grãos por espiga, não houve resposta ao aumento das doses de N, indicando que o potencial genético dos genótipos de trigo não foi limitado pela ausência da aplicação de N. Neste contexto, Silva e Goto (1991), investigando o comportamento de três cultivares de trigo de sequeiro após a soja precoce, na região do alto Paranaíba (MG), sem aplicação e com aplicação de todo N na semeadura, verificaram que a adubação nitrogenada promoveu maior produtividade de grãos, número de espiguetas por espiga e pequeno índice de acamamento. Ao contrário, Silva (1991) não encontrou respostas à aplicação de N em trigo, em função, provavelmente, do fornecimento de N oriundo da mineralização da matéria orgânica e da soja, cultivada por mais de quatro anos no local do experimento.

Entretanto Trindade et al. (2006), avaliando nitrogênio e água como fatores de produtividade do trigo no cerrado, cultivado em sucessão à soja, constataram que houve efeito positivo para aplicação de doses N (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹) em cobertura para o trigo irrigado. Porém, o incremento da dose de nitrogênio em cobertura, diminuiu a massa hectolétrica.

Zagonel et al. (2002), trabalhando com doses de N (0, 45, 90 e 135 kg ha⁻¹) em cobertura e diferentes densidades de plantas com e sem um regulador de crescimento afetando o trigo, verificaram com o aumento da dose de nitrogênio, que ocorreu aumento da estatura das plantas, do número de espigas por metro e da produtividade de grãos. Já Ramos (1976), avaliando cultivares de trigo com doses de N e P, observou efeito significativo do N no número de perfilhos, espigas, grãos por espiga e massa da palha, devido ao maior perfilhamento e maior número de espigas proporcionados pela aplicação do N.

Coqueiro et al. (1972), estudando o efeito da adubação com macro e microelementos sobre a produção de trigo, concluíram que a aplicação de P e K não afetou a produção, apesar dos teores médios constatados no solo. Com relação ao N, a sua aplicação influenciou decisivamente na produção de grãos. Por outro lado, Camargo et al. (1992), encontraram resposta à aplicação do P e K em relação à produção de grãos, onde 30 kg de N aplicados corresponderam a um aumento de 108 kg ha⁻¹ na produção, e 30 kg de P₂O₅ e 15 kg de K₂O, corresponderam a um aumento de 189 e 82 kg ha⁻¹, respectivamente.

Porém Pöttker et al. (1984), avaliando a resposta do trigo a doses e métodos de aplicação de nitrogênio na região de Dourados – MS, verificaram que não houve efeito positivo das doses de nitrogênio sobre a produtividade de grãos de trigo, nem diferença significativa entre a aplicação total das doses de nitrogênio de uma só vez e as aplicações parceladas, não afetando massa hectolétrica e a massa de 1.000 grãos. Isto ocorreu devido às condições climáticas e a época de aplicação de cobertura em função do estágio da cultura do trigo que parecem ser as principais responsáveis pelos resultados obtidos, pois, em condições de baixa umidade no solo, o nitrogênio não é absorvido, e com excesso de umidade é lixiviado e/ou desnitrificado. Na região de Dourados, essas condições alternam-se durante o ciclo do trigo e, dessa forma, afetam a disponibilidade e a absorção do nitrogênio pelas plantas. Segundo Campos et al, (2004), a ocorrência de adversidades climáticas ou a incidência de doenças e pragas podem ser interpretadas como transtornos às transformações dos nutrientes em produtos colhidos.

Deste modo, verifica-se resultados conflitantes entre a influência de crescentes doses de nitrogênio sobre a produtividade de trigo e seus componentes de produção, devido aos cultivares utilizados, tipo de solo e histórico da área, condições climáticas e outras. Assim, se faz necessário à experimentação local para averiguar em condições específicas de ambiente os resultados, podendo-se obter assim melhores produtividades com a aplicação deste nutriente.

2.4. Índice SPAD e teor de clorofila

Segundo Malavolta et al. (1997), o N participa da constituição da molécula de clorofila, e a avaliação da necessidade de N pela planta poderá ser determinada pela mensuração indireta do teor de clorofila. Essas avaliações podem ser efetuadas através de leituras pelo medidor portátil de clorofila que correspondem ao teor relativo de clorofila presente na folha da planta. 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. As regiões de picos de absorbância de clorofila são o azul e o vermelho. As de baixa absorbância situam-se nas regiões do verde e as de absorbância extremamente baixa na região do infravermelho, em função disto, os comprimentos de ondas escolhidos para medição da clorofila, ou índice de esverdeamento, situam-se na faixa do vermelho, em que a absorbância é alta e não é afetada pelos carotenóides, e do infravermelho, em que a absorbância é extremamente baixa (ARGENTA et al., 2001).

O teor de clorofila pode ser estimado por meio do aparelho Chlorophyll Meter – 502 denominado clorofilômetro SPAD (Soil-Plant Analysis Development Section), o qual determina indiretamente a concentração de clorofila nas folhas, pela leitura da reflectância do verde no comprimento de onda de aproximadamente 650 nm (ABREU; MONTEIRO, 1999). Muitas pesquisas realizadas com a finalidade de relacionar o teor de clorofila determinado pelo clorofilômetro (SPAD) com a concentração de nitrogênio nas folhas de plantas anuais de interesse econômico têm demonstrado que essa determinação é promissora para avaliar o estado nutricional das plantas em relação ao nitrogênio. Essa concentração de clorofila está diretamente correlacionada com a concentração de nitrogênio nas folhas e, por conseguinte, com a nutrição e a produção vegetal. A relação entre valor SPAD e concentração de nitrogênio pode ser linear até que o nitrogênio não seja mais assimilado, e acumulado na forma de nitrato, tendendo formar uma estabilização da intensidade de verde, de forma a refletir o acúmulo de nitrato (ABREU; MONTEIRO, 1999).

Portanto, segundo Varvel et al. (1997) e Blackmer e Schepers (1995) o desenvolvimento do medidor portátil de clorofila para realização de leituras instantâneas do seu teor na folha, sem haver necessidade de sua destruição, surge como nova ferramenta para avaliação do nível de N nas plantas em cereais.

Entretanto, o consumo de luxo deste nutriente pela planta sob forma de nitrato, pode resultar em concentração bem acima do nível adequado (ARGENTA et al., 2001). O teor de clorofila da folha também se correlaciona positivamente com o teor de N na planta (SCHADCHINA; DMITRIEVA, 1995) e com a produtividade das culturas (SMEAL; ZHANG, 1994, PIEKIELEK; FOX, 1992). Esta relação é atribuída, principalmente, ao fato de que 50 a 70% do N total da folha ser integrante de enzimas (CHAPMAN; BARRETO, 1997) que estão associadas aos cloroplastos (STOCKING; ONGUN, 1962).

A vantagem da medição do teor de clorofila é a de não ser influenciada pelo consumo de luxo de N pela planta, sob forma de nitrato (BLACKMER; SCHEPERS, 1995). Outras vantagens da utilização deste método de avaliação do nível de N nas plantas são: a leitura pode ser realizada em poucos minutos, possibilitando rápido diagnóstico da situação da lavoura; o aparelho tem custos mínimos de manutenção, ao contrário de outros testes que exigem a compra sistemática de produtos químicos (PIEKIELEK; FOX, 1992); não existe a necessidade de envio de amostras para laboratório, com economia de tempo e dinheiro, e o agricultor pode realizar quantas amostras desejar, sem destruição de folhas (MALAVOLTA et al., 1997).

A baixa sensibilidade do medidor de clorofila ao consumo de luxo de N pelas plantas de cereais é atribuída à forma com que este nutriente se encontra na folha. Quando absorvido em excesso, acumula-se como nitrato. Nesta forma, o N não se associa à molécula de clorofila e, portanto, não pode ser quantificado pelo medidor de clorofila (DWYER et al., 1995). Por apresentar baixa sensibilidade ao consumo de luxo de N, a medição efetuada pelo medidor de clorofila está sendo considerada melhor indicadora do nível deste nutriente na planta do que o seu teor (BLACKMER; SCHEPERS, 1995). No entanto, um indicador ideal tem de prever deficiência e excesso de N (SCHRÖDER et al., 2000), pois o excesso de N pode causar danos ao ambiente e aumento no custo de produção.

Follett et al. (1992), estudando o uso do medidor de clorofila para avaliar os níveis de nitrogênio da planta de trigo de sequeiro, constataram que quando compararam as leituras da folha do medidor de clorofila com a produtividade de grãos, concentração de nitrogênio foliar e níveis de NH_4^+ + NO_3^- do solo, verificaram uma associação positiva entre estes fatores.

Em trigo, no estágio de Feeke 5 (perfilhamento com pseudocolmo ereto), 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 prever a necessidade de N do que o teor de N (ARGENTA et al., 2001). Neste estágio, o valor da leitura SPAD correspondente ao nível crítico foi de 41. Na folha bandeira de trigo, os valores de leitura SPAD obtidos por outros pesquisadores situaram-se ao redor deste valor, 42 (FOLLET et al., 1992) ou entre 37 e 42 (REEVES et al., 1993). No entanto, BREDEMEIER (1999) não constatou correlação entre leitura do clorofilômetro e resposta da produtividade de grãos de trigo, devido à falta de associação que foi atribuída principalmente à pequena amplitude entre as leituras máxima e mínima obtidas a campo.

A maior limitação da utilização do teor de clorofila na folha como indicador do nível de N em cereais é que ele não prediz quanto de adubação nitrogenada deverá ser aplicada (WASKOM et al., 1996; SUNDERMAN et al., 1997). Por outro lado, os indicadores de solo não predizem com segurança quando este nutriente deverá ser aplicado (SCHRÖDER et al., 2000). Assim, fica evidente a necessidade da integração de indicadores do nível de N (solo e planta) para aumentar a precisão da recomendação de adubação nitrogenada em cereais (ARGENTA et al., 2001). Contudo, o teor relativo de clorofila na folha, avaliado pelo medidor portátil de clorofila, evidencia ser um bom parâmetro indicador do nível de nitrogênio em cereais (ARGENTA et al., 2001).

3. Material e Métodos

3.1. Localização e características do local

O experimento foi conduzido nos anos de 2006 e 2007, em área experimental pertencente à Faculdade de Engenharia – UNESP, localizada no município de Selvíria – MS, com coordenadas geográficas de 51° 22' de longitude Oeste e 20° 22' de latitude Sul e altitude de 335 m. O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, textura argilosa, segundo a nova denominação do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006), o qual foi originalmente ocupado por vegetação de cerrado e cultivado por culturas anuais há mais de 25 anos. A classificação climática da região de acordo com Köppen, é Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. A temperatura média anual é de 23,5 °C, a precipitação pluvial média anual é de 1370 mm e a umidade relativa do ar média anual entre 70 e 80%. Os valores de precipitação pluvial (mm), umidade relativa do ar (%) e temperatura média (°C) da área de cultivo durante a condução do experimento constam nos Apêndices A e B.

As características químicas do solo da área experimental na camada de 0,0 a 0,20 m, foram determinadas antes da instalação do experimento, segundo metodologia proposta por Raij & Quaggio (1983). Os resultados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados da análise química do solo na camada de 0-0,20 m. Selvíria - MS.

P_{resina}	S	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H+Al	CTC	Al	V
$mg\ dm^{-3}$	$mg\ dm^{-3}$	$g\ dm^{-3}$	($CaCl_2$)	$mmol_c\ dm^{-3}$						(%)
22,0	20,0	27,0	5,9	3,3	47,0	16,0	28,0	94,3	0,0	70,0

Laboratório de Fertilidade do solo da UNESP - Campus de Ilha Solteira.

3.2. Delineamento experimental e tratamentos utilizados

O delineamento estatístico, em 2006, foi o de blocos ao acaso, em um esquema fatorial $5 \times 3 \times 2 \times 4$, ou seja, cinco doses de N (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹), três fontes de nitrogênio (Entec, sulfato de amônio e uréia) e duas épocas de aplicação (totalmente na semeadura, ao lado das linhas ou em cobertura), em quatro cultivares de trigo (E 21, E 22, E 42 e IAC 370), com 3 repetições. Já em 2007, também foi utilizado o delineamento estatístico de blocos ao acaso, porém em um esquema fatorial $5 \times 3 \times 2 \times 2$, com os mesmos tratamentos, entretanto foram utilizados apenas os dois cultivares mais produtivos (E 21 e IAC 370) no ano de 2006, com 4 repetições. As dimensões das parcelas foram de 5 m de comprimento com 5 linhas espaçadas de 0,17 m e 80 sementes por metro, para os dois anos de cultivo.

3.3. Instalação e condução do experimento

Este experimento foi conduzido sob sistema plantio direto em área anteriormente ocupada com a cultura do milho, tanto em 2006 como em 2007. Os tratamentos foram instalados em local onde o sistema plantio direto foi implantado há 8 anos. A área foi dessecada utilizando o herbicida glyphosate (1500 g ha⁻¹ do i.a.).

Os cultivares de trigo foram semeados, mecanicamente, nos dias 13 e 05 de junho de 2006 e 2007, respectivamente. Antes da semeadura, foi realizado o tratamento de sementes com carboxin + thiram (60 + 60 g i.a. 100 kg⁻¹ de sementes), para evitar o aparecimento de eventuais doenças, causadas por patógenos de solo. Após a semeadura, a área foi irrigada por aspersão, por meio de pivô central com uma lâmina de água de aproximadamente 14 mm para minimizar as perdas de nitrogênio por volatilização da amônia e para promover a germinação das sementes. A emergência do trigo ocorreu 5 dias após a semeadura.

Com base nas características químicas do solo da área experimental, calculou-se a adubação química básica no sulco de semeadura, constante para todos os tratamentos, que foi de 250 kg ha⁻¹ da fórmula 04-30-10, em ambos os anos de cultivo. Na adubação de semeadura foram aplicados, os seguintes fertilizantes: uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio.

A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada nas entre-linhas das parcelas, sem incorporação ao solo, aos 40 dias após a emergência das plantas, quando as plantas estavam no estágio de emborrachamento da cultura. Após a adubação nitrogenada, a área foi irrigada

por aspersão, com uma lâmina de água de aproximadamente 14 mm para minimizar as perdas de nitrogênio por volatilização da amônia, que ocorre devido à hidrólise da uréia. Esta operação é comum nos sistemas de produção de grãos irrigados, quando se utiliza a uréia como fonte de N.

O manejo de plantas daninhas foi efetuado com a aplicação do herbicida metsulfuron methyl (3,0 g ha⁻¹ do i.a.) em pós-emergência, em 2006 e 2007. O fornecimento de água foi efetuado de 3 em 3 dias, ou quando necessário por aspersão através de um sistema fixo de irrigação do tipo pivô central.

A colheita do trigo foi realizada manualmente e individualmente por unidade experimental, em 2006 e 2007, aos 105 e 100 dias após a emergência das plantas, respectivamente, quando 90% das espigas apresentavam os grãos com coloração típica de maduros. O material colhido foi submetido à secagem a pleno sol e posteriormente trilhados. Foi feita abanação manual para a limpeza do material.

3.4. Avaliações realizadas

A) Teor de nitrogênio foliar

Foram coletadas no estágio de florescimento pleno dos cultivares de trigo, os limbos foliares de 30 folhas bandeiras (CANTARELLA et al., 1997) da área útil de cada parcela e posteriormente foram acondicionadas em sacos de papel, devidamente identificadas e levadas ao laboratório, onde foram submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada à temperatura média de 60-70 °C até atingir a massa em equilíbrio. Após a secagem, as folhas coletadas foram moídas em moinho tipo Wiley e submetidas digestão sulfúrica conforme metodologia de Sarruge e Haag (1974), para determinação do teor de nitrogênio foliar.

B) Teor de clorofila (Índice SPAD)

A leitura SPAD, foi feita apenas em 2007, no estágio de florescimento dos cultivares E 21 e IAC 370. Para a leitura SPAD de clorofila utilizou-se um clorofilômetro digital (SPAD), que faz leituras instantâneas. As leituras efetuadas por este equipamento indicam valores proporcionais de clorofila na folha e são calculadas com base na quantidade de luz transmitida pela folha em dois comprimentos de ondas com distintas absorbâncias de

clorofila. As leituras SPAD foram efetuadas na folha bandeira de 5 plantas de trigo por parcela, quando as plantas estavam no estágio de florescimento da cultura.

C) Altura de plantas

A altura de plantas foi medida no estágio de maturação das plantas com o auxílio de uma régua graduada, e foi definida como sendo a distância (cm) do nível do solo ao ápice das espigas, excluindo-se as aristas, medindo-se 5 plantas ao acaso e representativas da área útil de cada parcela.

D) Número de espigas por metro quadrado

Na ocasião da colheita, foi determinado por meio de contagem, o número de espigas em 1,0 m de fileira de plantas na área útil das parcelas, em seguida, foi feito o cálculo para obter o número de espigas por m^2 , através da divisão do número de espigas por metro pelo espaçamento entre-linhas de plantas (0,17 m).

E) Avaliações de espigas e grãos

Na colheita, foram colhidas 10 espigas de trigo ao acaso da área útil de cada parcela, que foram acondicionadas em sacos de papel, devidamente identificadas e levadas ao laboratório, para as seguintes determinações:

E.1.) Número de espiguetas não desenvolvidas

Obtido através da relação do número de espiguetas não desenvolvidas e o número espigas.

E.2.) Número de espiguetas por espiga

Determinado a partir da contagem de todas as espiguetas com grãos da espiga.

E.3.) Número de grãos por espiga

Obtido a partir da divisão do número de grãos pelo número de espigas, de cada unidade experimental.

E.4.) Número de grãos por espigeta

Determinado a partir da divisão do número de grãos por espiga pelo número de espigetas por espiga, de cada unidade experimental.

F) Grau de acamamento

Foi obtido por meio de observações visuais, na fase de maturação da planta, utilizando-se a seguinte escala de notas: 1: 0 a 5%; 2: 6 a 25%; 3: 26 a 50%; 4: 51 a 75% e 5: maior que 75% de plantas acamadas.

G) Massa hectolétrica

Correspondente à massa de grãos ocupada em um volume de 100 L, determinada em balança de 0,25 L, com teor de água dos grãos corrigidos para 13% (base úmida). Esta avaliação é importante, pois serve como parâmetro para a comercialização de grãos, uma vez que, na prática, o valor recebido pelo produtor é menor quando a massa hectolétrica se apresenta abaixo de $78 \text{ kg } 100\text{L}^{-1}$.

H) Massa de 100 grãos

Após a coleta ao acaso e pesagem de uma amostra de 100 grãos por parcela, foi determinada em balança de precisão 0,01 g, com teor de água dos grãos corrigidos para 13% (base úmida).

I) Produtividade de grãos

Determinada pela coleta das plantas contidas nas 3 linhas centrais de cada parcela, sendo o comprimento da linha igual a 5 m. Após a trilhagem mecânica, os grãos foram quantificados e os dados transformados em kg ha^{-1} a 13% (base úmida).

3.5. Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para o efeito das fontes de N, épocas de aplicação e de cultivares, e ajustadas a equações de regressão para o efeito das doses de N. Para análise estatística foi utilizado, tanto em 2006 como em 2007, o programa SANEST, Sistema de Análise Estatística (ZONTA; MACHADO, 1986). Procedeu-se também, às análises de correlação para teor de nitrogênio versus teor de clorofila (Leitura SPAD), e para produtividade de grãos versus todos os componentes de produção, individualmente.

4. Resultados e Discussão

Os quadrados médios, significâncias, médias gerais e coeficientes de variação referentes ao teor de nitrogênio foliar, altura de plantas e número de espigas por m² encontram-se nos Apêndices C e D, para os anos de 2006 e 2007, respectivamente. No Apêndice D, também se encontra os quadrados médios, significâncias, médias gerais e coeficiente de variação referente à leitura do clorofilômetro (SPAD).

No experimento, tanto no ano de 2006 como em 2007, constatou-se em média altos teores de N foliar para todos os cultivares de trigo (Tabela 2), teores estes bem acima da faixa adequada (20 a 34 g de N kg⁻¹ de massa seca) descrita por Cantarella et al. (1997). O teor de N foliar foi influenciado significativamente pelas cultivares, épocas de aplicação e doses de N, em 2006 e 2007 (Tabela 2), pela interação cultivares e épocas de aplicação, em 2006 (Tabela 3), e pela interação cultivares e doses de N, em 2007 (Tabela 4 e Figura 1).

Para fontes de N (Tabela 2), não houve diferença significativa para o teor de N foliar, no ano agrícola de 2006. Porém em 2007, o sulfato de amônio proporcionou maior teor de N nas folhas em relação ao Entec e uréia. Também Lourente et al. (2007), trabalhando com culturas antecessoras, doses e fontes de nitrogênio nos componentes de produção do milho, verificaram menores incrementos no teor de nitrogênio foliar para uréia quando comparados à aplicação de sulfato de amônio.

Ainda em 2007, observa-se que aplicação do N em cobertura proporcionou maior teor de N foliar do que a aplicação do N em semeadura (Tabela 2). Isto ocorreu porque aplicação do N em cobertura é realizada mais próxima do florescimento da cultura, período este da coleta das folhas bandeiras para análise do teor de N foliar. De acordo com Peruzzo et al. (1994), que estudou dezoito fontes de nitrogênio na cultura do trigo, ocorre uma maior absorção de nitrogênio nas fontes nitrocálcio de gesso (DH), nitrocálcio, nitrato de uréia compactada com fosfato de patos, nitromagsulfocálcio de gesso (DH) e sulfato de amônio, quando estes são aplicados na semeadura e em cobertura, do que quando eles foram aplicados somente na semeadura.

Em relação às doses de N (Tabela 2), em 2006, estas influenciaram o teor foliar de N de uma forma quadrática, com ponto de máximo sendo atingido com a estimativa de aplicação de 204 kg ha⁻¹ de N, mostrando o grande potencial de acúmulo dos cultivares.

Com relação à leitura do clorofilômetro (SPAD) (Tabela 2), que foi realizada apenas em 2007, o qual teve como objetivo verificar a absorção ou consumo de luxo de N das plantas de trigo, não houve diferença significativa para o teor de clorofila na folha bandeira entre os cultivares E 21 e IAC 370. As fontes de N, também não diferiram significativamente para a mesma avaliação. Já as épocas de aplicação diferiram significativamente na leitura SPAD, sendo que a aplicação do N em cobertura proporcionou um maior teor de clorofila (SPAD) nas folhas em relação à aplicação do N totalmente em semeadura. As doses de N influenciaram o teor de clorofila na folha de uma forma quadrática, com o ponto de máximo igual a 46 SPAD, sendo atingido com a estimativa de aplicação de 146 kg ha⁻¹ de N. Da mesma forma Silva et al. (2007), verificaram que o índice SPAD respondeu de forma quadrática ao aumento das doses de nitrogênio (30, 60, 90, 120, 150 kg ha⁻¹), com ponto de máxima igual a 50 SPAD, associado à dose de 131 kg ha⁻¹ de N. O aumento nos valores do índice SPAD, em função das doses de N, assemelha-se aos relatados para trigo de inverno, na Inglaterra, submetido às doses de 0, 50, 100, 150, 200, 250 e 300 kg ha⁻¹ (LOPEZ-BELLIDO et al., 2004). Esse comportamento ocorre devido ao aumento da concentração clorofila, promovido pela maior concentração de nitrogênio total nos tecidos. Uma vez que, esta relação é atribuída, principalmente, ao fato de que 50 a 70% do N total da folha ser integrante de enzimas (CHAPMAN; BARRETO, 1997) que estão associadas aos cloroplastos (STOCKING; ONGUN, 1962).

Em relação à leitura do clorofilômetro (SPAD) do experimento, esta foi em média igual a 42,51. Os valores médios de leitura SPAD na folha bandeira de trigo, obtidos por outros pesquisadores também situaram-se ao redor deste valor, 42 (FOLLET et al., 1992) ou entre 37 e 42 (REEVES et al., 1993).

Houve ajuste entre a leitura SPAD e o teor de nitrogênio foliar, onde $Y = 1,349 X - 11,93$, sendo X = leitura SPAD, e Y = teor de nitrogênio foliar. A correlação positiva entre o teor de N foliar e o teor de clorofila (Leitura SPAD) da folha foi significativa ao nível de 1% sendo $r = 0,76^{**}$. Na Tabela 2, pode-se observar que à medida que se aumentou a dose de nitrogênio, ocorreu maior leitura SPAD na planta, comprovando a relação nitrogênio e clorofila. Follett et al. (1992), estudando o uso do medidor de clorofila para avaliar os níveis de nitrogênio da planta de trigo de sequeiro, também constataram uma associação positiva

quando compararam as leituras da folha do medidor de clorofila com a concentração de nitrogênio foliar. Segundo Abreu & Monteiro (1999), essa concentração de clorofila está diretamente correlacionada com a concentração de nitrogênio nas folhas e, por conseguinte, com a nutrição e a produção vegetal.

Em 2007, constatou-se um consumo de luxo de 16 kg ha⁻¹ de N pelas plantas de trigo (Tabela 2). Segundo Abreu e Monteiro (1999), a relação entre valor SPAD e concentração de nitrogênio pode ser linear até que o nitrogênio não seja mais assimilado e acumulado na forma de nitrato, tendendo formar uma estabilização da intensidade de verde, de forma a refletir o acúmulo de nitrato. Nesta forma, o N não se associa à molécula de clorofila e, portanto, não pode ser quantificado pelo medidor de clorofila (DWYER et al., 1995).

Tabela 2. Médias, teste de Tukey e equações de regressão referentes ao teor de nitrogênio foliar e leitura do clorofilômetro (SPAD) de folhas de trigo. Selvíria – MS, 2006 e 2007.

Anos	Teor de N foliar (g kg ⁻¹)		Leitura do clorofilômetro (SPAD)
	2006	2007	2007
Cultivares			
E 21	47,33	43,11	42,52 a
E 22	44,61	-	-
E 42	43,34	-	-
IAC 370	48,22	47,72	42,50 a
D.M.S. (5%)	1,50	1,53	0,94
Fontes de N			
Entec	45,95 a	44,83 b	42,26 a
Sulfato de amônio	46,31 a	47,13 a	43,12 a
Uréia	45,36 a	44,29 b	42,15 a
D.M.S. (5%)	1,19	2,25	1,38
Épocas de aplicação			
Semeadura	43,95	43,79 b	41,87 b
Cobertura	47,81	47,04 a	43,15 a
D.M.S. (5%)	0,81	1,53	0,94
Doses de N (kg ha⁻¹)			
0	42,77 ⁽¹⁾	32,51	33,95 ⁽²⁾
50	45,21	44,82	43,43
100	46,40	47,94	44,42
150	47,20	50,79	45,39
200	47,80	51,02	45,35
Média Geral	45,88	45,42	42,51

⁽¹⁾ $Y = 42,8855 + 0,0473 X - 0,00012 X^2$ ($R^2 = 0,99$ e $PM = 204$ kg ha⁻¹ de N).

⁽²⁾ $Y = 34,8346 + 0,1584 X - 0,00054 X^2$ ($R^2 = 0,93$ e $PM = 146$ kg ha⁻¹ de N).

Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Na Tabela 3, observa-se o desdobramento da interação cultivares e épocas de aplicação referente ao teor de N foliar, do ano de 2006. Com relação aos cultivares, verificou-se maiores teores de N foliar, tanto na aplicação total do N em semeadura, como na aplicação em cobertura, para os cultivares IAC 370 e E 21, diferindo estatisticamente estes do E 42 e do E 22 (exceto na aplicação total do N em semeadura). Quanto ao desdobramento da interação épocas de aplicação dentro de cultivares, verificou-se que o teor de N nas folhas foi superior, para aplicação do N em cobertura, nos cultivares IAC 370, E 21 e E 42, diferindo assim da aplicação única do N na semeadura. Isto ocorreu porque aplicação do N em cobertura é realizada mais próxima do florescimento da cultura, período este da coleta das folhas bandeiras para análise do teor de N foliar.

Tabela 3. Desdobramento da interação cultivares e épocas de aplicação, da análise de variância referente ao teor de N foliar (g kg^{-1}) de trigo. Selvíria – MS, 2006.

Tratamentos	Cultivar			
	E 21	E 22	E 42	IAC 370
Época de aplicação				
Semeadura	44,11 bAB	43,94 aAB	42,39 bB	45,33 bA
Cobertura	50,55 aA	45,29 aB	44,28 aB	51,10 aA
D.M.S. Cultivar	2,13			
(5%): Época de aplicação	1,62			

Médias seguidas de mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Com relação ao desdobramento cultivares dentro de doses de N (Tabela 4), houve diferença significativa no teor de N foliar nas doses de 50, 100, 150 e 200 kg ha^{-1} de N, sendo que o cultivar IAC 370 apresentou maiores teores de N foliar do que o E 21, mostrando assim um maior potencial de acúmulo deste nutriente.

Observando o desdobramento da interação doses de N dentro de cultivares (Figura 1), verifica-se que houve comportamento quadrático similar para teor de N foliar em função do aumento das doses de N, nos cultivares E 21 e IAC 370, com pontos de máximo sendo atingidos, respectivamente, com a estimativa de aplicação de 163 e 161 kg ha^{-1} de N. Este aumento da concentração de nitrogênio total na folha bandeira, em função das doses de N, assemelha-se ao resultado relatado para trigo cultivar Avante, onde a resposta também foi quadrática, com ponto de máxima estimado em 180 kg ha^{-1} de N (PENCKOWSKI, 2006).

Tabela 4. Desdobramento da interação cultivares dentro de doses de N, da análise de variância referente ao teor de N foliar (g kg^{-1}) de trigo. Selvíria – MS, 2007.

Tratamentos	Dose de N				
	0	50	100	150	200
Cultivar					
E 21	33,36 a	42,19 b	45,31 b	47,23 b	47,47 b
IAC 370	31,67 a	47,45 a	50,57 a	54,35 a	54,57 a
D.M.S. (5%): Cultivar	3,42				

Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

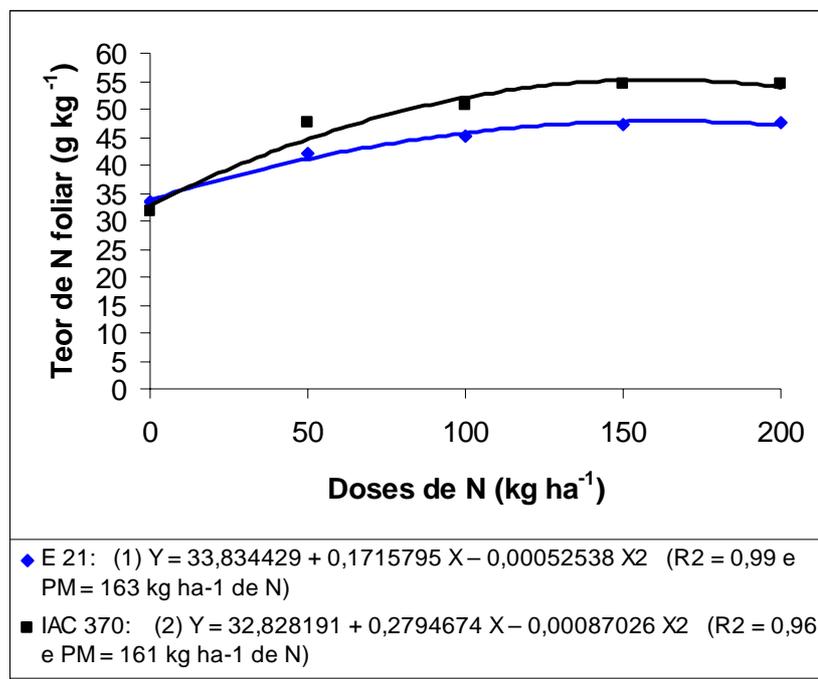


Figura 1. Desdobramento da interação doses de N dentro de cultivares, da análise de variância referente ao teor de N foliar (g kg^{-1}) de trigo. Selvíria – MS, 2007.

Para a altura de plantas (Tabela 5), houve diferença significativa entre cultivares, apenas no ano de 2006, sendo que o cultivar E 22 foi em média 12,47 cm, superior aos demais cultivares. Isso mostra que existe variabilidade genética entre os cultivares. Com relação às fontes de N, tanto em 2006 como em 2007, não houve diferença significativa entre elas para a altura de plantas. Ainda para esta mesma avaliação, também não verificou-se diferença significativa entre a aplicação do N totalmente em semeadura e a aplicação em cobertura. Já as doses de N influenciaram a altura de plantas de trigo apenas em 2007, se ajustando a uma

função linear crescente. Zagonel et al. (2002), trabalhando com doses de N (0, 45, 90 e 135 kg ha⁻¹) em cobertura e diferentes densidades de plantas com e sem um regulador de crescimento afetando o trigo, verificaram com o aumento da dose de nitrogênio, que ocorreu aumento da estatura das plantas.

Além disso, observa-se que em 2007 (Tabela 5), as plantas de trigo foram em média 9,72 cm maiores do que em 2006. Entretanto, não foi constatado acamamento de plantas, mesmo nas maiores doses de N, nos dois anos de cultivo. Também Pettinelli Neto et al. (2002), estudando cinco doses de nitrogênio e seis cultivares de trigo, constataram que não houve efeito das doses de N sobre acamamento de plantas.

Na Tabela 5, no ano de 2006, verifica-se que os cultivares E 21 e E 22 apresentaram os maiores números de espigas por m², seguido do E 42 que também diferiu do IAC 370. Por outro lado, em 2007, não houve diferença entre cultivares. Entretanto, ressalta-se os altos números de espigas por m² obtidos em 2007, que não resultaram em aumento expressivo da produtividade de trigo.

Com relação às fontes de N e para épocas de aplicação (Tabela 5), não houve diferença significativa para o número de espigas por m², em ambos os anos de cultivo. Já as doses de N influenciaram positivamente a quantidade de espigas por m², apenas em 2007, ajustando-se a uma função quadrática, com o máximo número de espigas por m² sendo alcançado com a estimativa de 118 kg ha⁻¹ de N. Também Zagonel et al. (2002) e Teixeira Filho et al. (2007), verificaram efeito significativo do aumento das doses de N, aplicadas em cobertura, na forma de uréia, no número de espigas de trigo por metro. Já Ramos (1976), avaliando cultivares de trigo com doses de N e P, observou efeito significativo do N no número de perfilhos, devido ao maior perfilhamento e maior número de espigas proporcionados pela aplicação do N.

Tabela 5. Médias, teste de Tukey e equações de regressão referentes à altura de plantas e número de espigas de trigo por m². Selvíria – MS, 2006 e 2007.

Anos	Altura de plantas (cm)		Número de espigas por m ²	
	2006	2007	2006	2007
Cultivares				
E 21	70,30 b	81,57 a	293,86 a	390,92 a
E 22	81,46 a	-	299,09 a	-
E 42	68,29 c	-	264,47 b	-
IAC 370	68,09 c	81,94 a	218,37 c	387,48 a
D.M.S. (5%)	1,37	0,88	20,09	12,10
Fontes de N				
Entec	72,03 a	81,71 a	266,48 a	393,70 a
Sulfato de amônio	71,63 a	81,81 a	277,16 a	383,96 a
Uréia	72,44 a	81,74 a	263,19 a	389,94 a
D.M.S. (5%)	1,08	1,29	15,87	17,74
Épocas de aplicação				
Semeadura	72,20 a	82,22 a	265,96 a	387,92 a
Cobertura	71,87 a	81,29 a	271,93 a	390,48 a
D.M.S. (5%)	0,74	0,88	10,85	12,10
Doses de N (kg ha⁻¹)				
0	72,00	80,83 ⁽¹⁾	273,77	340,06 ⁽²⁾
50	71,67	81,67	271,24	408,17
100	72,15	81,48	263,73	404,44
150	72,85	82,46	266,67	408,29
200	71,50	82,33	269,31	385,04
Média Geral	72,03	81,75	268,94	389,20

⁽¹⁾ $Y = 80,9958 + 0,0076 X$ ($R^2 = 0,82$).

⁽²⁾ $Y = 346,1655 + 1,1809 X - 0,0050 X^2$ ($R^2 = 0,89$ e $PM = 118 \text{ kg ha}^{-1}$ de N).

Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Os quadrados médios, significâncias, médias gerais e coeficientes de variação referentes ao número de espiguetas não desenvolvidas, número de espiguetas por espiga, número de grãos por espiga e número de grãos por espiguetas encontram-se nos Apêndices E e F, para os anos de 2006 e 2007, respectivamente.

Na Tabela 6, constam os resultados referentes às avaliações das espigas de trigo (número de espiguetas não desenvolvidas, número de espiguetas por espiga, número de grãos por espiga e número de grãos por espiguetas). Segundo Aude et al. (1994), no trigo, o número de flores por espiguetas e o de espiguetas por espiga depende de fatores nutricionais e ambientais, além de fatores inerentes ao próprio cultivar.

Em relação ao número de espiguetas não desenvolvidas, tanto em 2006 como em 2007, houve diferença significativa para cultivares, com destaque para o cultivar E 21 que apresentou sempre um maior número de espiguetas não desenvolvidas. Já para fontes de N não verificou-se diferença significativa para esta mesma avaliação, nos dois anos de cultivo. Por outro lado, as épocas de aplicação diferiram significativamente apenas em 2007, sendo que a aplicação do N em semeadura proporcionou maior número de espiguetas não desenvolvidas. Com relação às doses de N, observa-se que estas influenciaram tal avaliação de uma forma negativa, pois se ajustaram a uma função linear decrescente, em 2007. Portanto, o número de espiguetas não desenvolvidas diminuiu com o incremento das doses de N até 150 kg ha⁻¹ de N. Entretanto, em 2006, não houve influência das doses de N (Tabela 6), provavelmente porque durante a formação das espigas e florescimento ocorreram altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar (Apêndice A), que impediram o efeito do incremento das doses de N no número de espiguetas não desenvolvidas, e também sobre os números de espiguetas por espiga e de grãos por espiga. Indicando que tais avaliações foram dependentes do potencial genético da cultura o qual não foi limitada pelo nitrogênio (FREITAS et al., 1995), mas foi afetado pelas condições climáticas adversas, no ano de 2006.

O número de espiguetas por espiga foi influenciado significativamente pelos cultivares apenas em 2006. Na Tabela 6, observa-se que o cultivar e 22 foi superior estatisticamente aos demais cultivares. Em relação às fontes de N, estas não diferiram significativamente para número de espiguetas por espiga, em 2006 e 2007. Ainda para esta mesma avaliação, houve diferença significativa para épocas de aplicação, sendo que a aplicação do N totalmente em semeadura proporcionou maior número de espiguetas por espiga, em 2007.

Caracterizando o período do desenvolvimento crítico para suplementação de N em cobertura em dois cultivares de trigo e os componentes da produção de grãos, Bredemier e Mundstock (2001), concluíram que o tratamento no qual o nitrogênio foi aplicado no início do ciclo (emissão da terceira folha) estimulou as plantas a aumentarem o número de espiguetas e conseqüentemente o número de grãos por espigas. Dessa forma, a antecipação do N pode ser interessante para tais avaliações.

Já as doses de N, influenciaram positivamente número de espiguetas por espiga, pois se ajustaram a uma função linear crescente, em 2007. Da mesma forma Freitas et al. (1994), estudando as respostas da produção de grãos e outras características agrônômicas de diferentes cultivares de trigo à adubação nitrogenada, encontraram efeitos significativos para doses de nitrogênio (0, 60 e 120 kg ha⁻¹) em relação ao número de espiguetas por espiga e

grãos por espiga. Bredemier e Mundstock (2001), também verificaram aumento no número de espiguetas e no número de grãos por espiga, quando o N foi aplicado por ocasião da terceira folha. Já Teixeira Filho et al. (2007), estudando a resposta de 4 cultivares de trigo irrigados na região do cerrado a diferentes doses de N (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹), aplicadas em cobertura aos 40 dias após a emergência das plantas, constataram que as doses de N influenciaram significativamente e de forma quadrática o número de espiguetas por espiga.

Ainda na Tabela 6, o número de grãos por espiga também foi influenciado significativamente pelos cultivares, nos dois anos de cultivo. Segundo Franco e Carvalho (1989), trabalhando com trigo, relataram que o número de grãos por espiga foi o componente de produção mais influenciado pelo melhoramento genético do trigo. Em 2006, o cultivar E 42 obteve o maior número de grãos por espiga, diferindo significativamente dos outros cultivares. Já em 2007, o cultivar IAC 370 foi superior estatisticamente ao cultivar E 21. Com relação às fontes de N, estas não diferiram significativamente para esta mesma avaliação. Já para as épocas de aplicação, houve diferença significativa para o número de grãos por espiga apenas em 2007, sendo que a aplicação do N em semeadura proporcionou uma maior quantidade de grãos por espiga. As doses de N influenciaram positivamente tal avaliação, apenas em 2007, pois se ajustaram a uma função linear crescente. Este incremento no número de grãos por espiga proporcionado pelo aumento das doses de N, também foi observado em trabalhos realizados por Coelho et al. (1998) com o cultivar de trigo E 22 e Frederick e Camberato (1995) com trigo irrigado. Por outro lado, Pettinelli Neto et al. (2002), estudando cinco doses de nitrogênio e seis cultivares de trigo, constataram que não houve efeito das doses de N sobre o número de grãos por espiga.

Observando o número de grãos por espiguetas (Tabela 6), houve diferença significativa entre cultivares, tanto em 2006 como em 2007. No ano de 2006, o cultivar E 42 mostrou-se superior e diferiu significativamente dos cultivares E 21 e IAC 370, que diferiram do cultivar E 42. Em 2007, o cultivar IAC 370 apresentou maior número de grãos por espiguetas que o cultivar E 21. Com relação às fontes de N, nos dois anos de cultivo, o Entec, o sulfato de amônio e a uréia não diferiram entre si, para o número de grãos por espiguetas. Também para esta mesma avaliação não se verificou diferença significativa entre épocas de aplicação, em 2006 e 2007. Para as doses de N, não houve efeito significativo para o número de grãos por espiguetas, em ambos os anos de cultivo (Tabela 6), indicando que tal avaliação foi dependente do potencial genético da cultura o qual não foi limitada pelo nitrogênio. Da mesma forma Freitas et al. (1995), estudando as respostas ao N de oito cultivares de trigo, quanto à

produtividade de grãos e outras características agrônômicas, constataram que não houve resposta do aumento das doses de N sobre o número de grãos por espiguetas.

Tabela 6. Médias, teste de Tukey e equações de regressão referentes ao número de espiguetas não desenvolvidas (N° ESPG. ND.), número de espiguetas por espiga (N° ESPG. ESP.⁻¹), número de grãos por espiga (N° G. ESP.⁻¹) e número de grãos por espiguetas (N° G. ESPG.⁻¹) de trigo. Selvíria – MS, 2006 e 2007.

Anos	N° ESPG. ND.		N° ESPG. ESP. ⁻¹		N° G. ESP. ⁻¹		N° G. ESPG. ⁻¹	
	2006	2007	2006	2007	2006	2007	2006	2007
Cultivares								
E 21	2,54 a	2,22 a	16,35bc	16,85 a	37,23 b	38,17 b	2,30 b	2,29 b
E 22	2,40ab	-	17,47 a	-	37,79 b	-	2,16 c	-
E 42	2,24 b	-	16,83 b	-	44,43 a	-	2,64 a	-
IAC 370	2,24 b	1,90 b	16,03 c	16,95 a	37,54 b	40,90 a	2,34 b	2,41 a
D.M.S. (5%)	0,26	0,14	0,58	0,37	2,03	1,13	0,09	0,06
Fontes de N								
Entec	2,38 a	2,01 a	16,71 a	16,79 a	39,63 a	38,97 a	2,37 a	2,32 a
Sulfato de amônio	2,31 a	2,04 a	16,75 a	16,95 a	39,45 a	40,57 a	2,37 a	2,40 a
Uréia	2,37 a	2,14 a	16,55 a	16,95 a	38,66 a	39,07 a	2,34 a	2,34 a
D.M.S. (5%)	0,21	0,20	0,46	0,54	1,60	1,66	0,07	0,08
Épocas de aplicação								
Semeadura	2,37 a	2,22 a	16,60 a	17,37 a	39,05 a	40,21 a	2,36 a	2,34 a
Cobertura	2,34 a	1,91 b	16,74 a	16,42 b	39,44 a	38,86 b	2,36 a	2,37 a
D.M.S. (5%)	0,14	0,14	0,32	0,37	1,10	1,13	0,05	0,06
Doses de N (kg ha⁻¹)								
0	2,27	2,37 ⁽¹⁾	16,99	16,34 ⁽²⁾	40,17	37,67 ⁽³⁾	2,38	2,35
50	2,49	2,11	16,59	16,73	39,20	39,46	2,36	2,37
100	2,30	2,04	16,44	16,75	39,12	40,02	2,38	2,39
150	2,33	1,84	16,79	17,30	38,96	40,09	2,33	2,32
200	2,41	1,95	16,54	17,37	38,80	40,44	2,35	2,34
Média Geral	2,36	2,06	16,67	16,90	39,25	39,54	2,36	2,35

⁽¹⁾ $Y = 2,2810 - 0,0022 X$ ($R^2 = 0,77$).

⁽²⁾ $Y = 16,3719 + 0,0053 X$ ($R^2 = 0,93$).

⁽³⁾ $Y = 38,3017 + 0,0123 X$ ($R^2 = 0,79$).

Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Os quadrados médios, significâncias, médias gerais e coeficientes de variação referentes à massa hectolétrica, massa de 100 grãos e produtividade de grãos de trigo encontram-se nos Apêndices G e H, para os anos de 2006 e 2007, respectivamente.

Para massa hectolétrica (Tabela 7), avaliação esta que serve como parâmetro para a comercialização de grãos, uma vez que, na prática, o valor recebido pelo produtor é menor quando a massa hectolétrica se apresenta abaixo de $78 \text{ kg } 100\text{L}^{-1}$; houve diferença significativa entre cultivares, apenas no ano de 2006, sendo o cultivar E 21 o que proporcionou a maior massa, seguido do E 22 e IAC 370 que também diferiram estatisticamente do E 42.

Já a aplicação do N totalmente na semeadura não diferiu estatisticamente da aplicação em cobertura, para massa hectolétrica, em 2006 e 2007. Entretanto, apesar das altas médias de massa hectolétrica ($> 78 \text{ kg } 100\text{L}^{-1}$) obtidas no experimento (Tabela 7), que classificam (analisando isoladamente) o trigo como tipo 1, observam-se massas hectolétricas inferiores, em 2006, em média $3,32 \text{ kg } 100\text{L}^{-1}$. Isso pode ser explicado (Apêndices A e B), porque diferentemente de 2007, ocorreram chuvas no final do ciclo da cultura, que proporcionaram redução da massa hectolétrica de grãos. Segundo Furlani et al. (2002), uma chuva sobre a lavoura madura reduz a massa hectolétrica, afetando conseqüentemente, a qualidade de grãos.

A massa hectolétrica foi influenciada significativamente pelas fontes e doses de N, apenas em 2007 (Tabela 7). Com relação a fontes de N, verificou-se que a uréia proporcionou maior massa hectolétrica, diferindo estatisticamente do sulfato de amônio e do Entec. Observando ainda a Tabela 7, pode-se constatar que houve comportamento linear decrescente para massa hectolétrica em função do aumento das doses de N. Da mesma forma Trindade et al. (2006), testando doses de uréia, encontraram valores de massa hectolétrica decrescentes, conforme se aumentava a dose de N de maneira excessiva, de 0 a 200 kg ha^{-1} . Também Frizzone et al. (1996) observaram redução na massa hectolétrica com o aumento da adubação nitrogenada.

Com relação à massa de 100 grãos (Tabela 7), verifica-se diferença significativa para cultivares, em ambos os anos de cultivo. Sendo que, o cultivar IAC 370 apresentou sempre a maior massa de 100 grãos, diferindo estatisticamente dos demais cultivares. As fontes de N, nos dois anos de avaliações não influenciaram tal componente da produção. Já as épocas de aplicação diferiram estatisticamente em 2006, sendo que a massa proporcionada pela aplicação total do N na semeadura foi superior (Tabela 7). Segundo Frank e Bauer (1996), no

período compreendido entre a fase de emergência das plântulas até à diferenciação do primórdio floral, a falta de N reduz a massa de 1000 grãos.

As doses de N influenciaram a massa de 100 grãos de forma negativa em 2007 (Tabela 7), pois se ajustaram a uma função linear decrescente. Esta redução nos valores de massa de 100 grãos com a elevação das doses de N, pode ser atribuída ao aumento no número de grãos por espiga (Tabela 6), aumentando a competição por nutrientes e fotoassimilados dentro da espiga e, como conseqüência, reduzindo a massa unitária dos grãos. Entretanto, o mesmo não ocorreu em 2006. As respostas da massa de 100 ou 1000 grãos à adubação nitrogenada na literatura são muito variáveis. Frizzone et al. (1996) verificaram que o incremento das doses de nitrogênio pouco contribuiu para o aumento da massa de 1000 grãos. Já Grundy et al. (1996), testando doses de 0, 40, 80 e 160 kg ha⁻¹, obtiveram aumento desse componente com a utilização de doses mais elevadas de N. Por sua vez, Zagonel et al. (2002) e Soares Sobrinho (1999) verificaram que a adubação nitrogenada não influenciou na massa de 1000 grãos. Entretanto Coelho et al. (1998), trabalhando com doses de 0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹ de N, verificaram aumento na massa de 1000 grãos até 30 e 37,2 kg ha⁻¹ de N, nas duas safras avaliadas, respectivamente, com diminuição nesse componente com a utilização de doses de N superiores.

Para a produtividade de grãos (Tabela 7), no ano de 2006, os cultivares mais produtivos foram o IAC 370 e o E 21, diferindo estes, significativamente do E 22 e E 42. No ano seguinte, a produtividade de grãos dos cultivares IAC 370 e E 21, foram semelhantes e assim como em 2006, não houve diferença significativa entre eles. As épocas de aplicação, também não interferiram na produtividade de grãos. Isto provavelmente ocorreu porque o solo onde o experimento foi conduzido apresenta boa fertilidade e drenagem, é bastante argiloso, e apresenta um bom teor de matéria orgânica, além disso, o trigo foi cultivado num período de seca com pouca chuva, portanto, a prática da aplicação antecipada do nutriente foi eficaz. Também Ros et al. (2003), avaliando a disponibilidade de N e produtividade de trigo com diferentes métodos de adubação nitrogenada em plantio direto, verificaram que a aplicação de N total na semeadura ou em cobertura, não diferiram na produtividade de grãos, considerando a mesma dose.

Na Tabela 7, verifica-se que não houve diferença entre as fontes de N para a produtividade de grãos de trigo, em 2006 e 2007. Esta ausência de resposta das fontes de N, provavelmente ocorreu devido ao fato de logo após a aplicação destas, ter sido efetuada a irrigação no experimento, reduzindo assim as perdas por volatilização, principalmente da

uréia. Segundo Cantarella et al. (1999), perdas por volatilização de NH_3 da uréia, em diversos tipos de solos, apontam para valores superiores a 50% do N aplicado. Também, as fontes apresentaram comportamento semelhante devido à baixa precipitação registrada no período de cultivo, já que o experimento foi conduzido na estação seca.

Comparações entre diversas fontes de fertilizantes nitrogenados foram feitas por vários autores (CANTARELLA; RAIJ, 1986, CANTARELLA et al., 1988, FARIA; PEREIRA, 1992) e em geral, havendo condições satisfatórias de umidade do solo, não tem sido encontradas diferenças na eficiência destas fontes sob condições de campo; por exemplo, na produtividade de trigo (BARTZ et al., 1976), de milho (CAMPOS; TEDESCO, 1979; COELHO et al., 1992), de feijão (PARRA et al., 1980), de cebola (FARIA; PEREIRA, 1992), ou em trigo cultivado em casa de vegetação (GARGANTINI; OLIVEIRA FILHO, 1972). De forma semelhante, estudos sobre fontes de N de liberação lenta (uréia recoberta), em comparação com formas mais solúveis (uréia e sulfato de amônio), não evidenciaram diferenças na produtividade de arroz e nos teores de NH_4^+ e NO_3^- , no solo (MACHADO; MAGALHÃES, 1973). Semelhantemente, diferenças significativas não foram obtidas entre a uréia e o sulfato de amônio na absorção de N e na produtividade de milho cultivado sob irrigação (COELHO et al., 1992) ou em trigo cultivado em casa de vegetação (GARGANTINI; OLIVEIRA FILHO, 1972).

Com relação às doses de N (Tabela 7), estas influenciaram a produtividade de grãos de trigo, em 2006 e 2007, e se ajustaram às funções quadráticas, com a máxima produtividade sendo alcançada, respectivamente, com a estimativa de 118 e 119 kg ha^{-1} de N. Também Bredemier e Mundstock (2001), Zagonel et al. (2002), Trindade et al. (2006) e Heinemann et al. (2006) verificaram efeito do N na produtividade da cultura. Por outro lado, Pettinelli Neto et al. (2002) e Silva (1991), devido ao fornecimento de N pela cultura da soja cultivada à vários anos na área e Pottker et al. (1984), em função das condições climáticas adversas (altas precipitações pluviométricas alternadas com períodos de seca); não verificaram efeito da aplicação de N na produtividade da cultura.

Em 2007, a produtividade de grãos se correlacionou com o teor foliar de N (0,67**), o teor de clorofila (Leitura SPAD) da folha (0,78**) e o número de espigas por m^2 (0,79**). No entanto, Bredemeier (1999) não constatou correlação entre leitura do clorofilômetro e resposta da produtividade de grãos de trigo, devido à falta de associação que foi atribuída principalmente à pequena amplitude entre as leituras máxima e mínima obtidas a campo. Por

outro lado, Smeal e Zhang (1994) e Piekielek e Fox (1992) também constataram que o teor de clorofila da folha se correlaciona positivamente com a produtividade das culturas.

Isto evidencia a importância do nutriente tanto no que se refere ao estado nutricional da planta quanto a sua influência no perfilhamento da cultura, podendo proporcionar assim, maiores produtividades de grãos. Apesar disso, a produtividade de grãos, em 2007, foi apenas 90 kg ha^{-1} superior a média geral de 2006. Entretanto, as produtividades de grãos obtidas nas duas safras em região tropical de baixa altitude, foram boas, mostrando, que o trigo irrigado é uma possível alternativa na rotação de culturas de inverno no cerrado.

Além disso, observa-se que o trigo produzido é de boa qualidade, uma vez que, as massas hectolíticas obtidas no experimento variaram de 83 a 88 $\text{kg } 100\text{L}^{-1}$, sendo assim, a comercialização de grãos de trigo é praticamente garantida, e o valor recebido pelo produtor será maior.

Tabela 7. Médias, teste de Tukey e equações de regressão referentes à massa hectolétrica, massa de 100 grãos e produtividade de grãos de trigo. Selvíria – MS, 2006 e 2007.

Anos	Massa hectolétrica (kg 100L ⁻¹)		Massa de 100 grãos (g)		Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)	
	2006	2007	2006	2007	2006	2007
Cultivares						
E 21	85,70 a	86,88 a	3,84 b	4,22 b	3657 a	3605 a
E 22	83,51 b	-	3,68 c	-	3428 b	-
E 42	81,14 c	-	3,71 bc	-	3422 b	-
IAC 370	84,35 b	87,11 a	4,46 a	4,35 a	3740 a	3700 a
D.M.S. (5%)	1,33	0,45	0,16	0,09	206	109
Fontes de N						
Entec	83,82 a	86,69 b	3,95 a	4,34 a	3585 a	3612 a
Sulfato de amônio	83,70 a	86,59 b	3,88 a	4,25 a	3533 a	3648 a
Uréia	83,51 a	87,70 a	3,93 a	4,27 a	3567 a	3696 a
D.M.S. (5%)	1,05	0,66	0,12	0,13	163	160
Épocas de aplicação						
Semeadura	83,88 a	87,12 a	3,97 a	4,25 a	3574 a	3606 a
Cobertura	83,46 a	86,87 a	3,87 b	4,32 a	3549 a	3698 a
D.M.S. (5%)	0,72	0,45	0,08	0,09	111	109
Doses de N (kg ha⁻¹)						
0	83,88	88,25 ⁽¹⁾	3,96	4,62 ⁽²⁾	3029 ⁽³⁾	2537 ⁽⁴⁾
50	83,39	87,64	3,90	4,30	3755	4164
100	83,70	87,46	3,89	4,27	3791	4021
150	83,61	86,05	3,90	4,19	3690	3858
200	83,80	85,57	3,94	4,05	3543	3680
Média Geral	83,67	86,99	3,92	4,29	3562	3652

⁽¹⁾ $Y = 88,3863 - 0,0139 X$ ($R^2 = 0,94$).

⁽²⁾ $Y = 4,5377 - 0,0025 X$ ($R^2 = 0,88$).

⁽³⁾ $Y = 3100,7579 + 12,6787 X - 0,0538 X^2$ ($R^2 = 0,87$ e $PM = 118 \text{ kg ha}^{-1}$ de N).

⁽⁴⁾ $Y = 2737,8756 + 24,7044 X - 0,1037 X^2$ ($R^2 = 0,79$ e $PM = 119 \text{ kg ha}^{-1}$ de N).

Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

5. Conclusões

Os cultivares de trigo mais produtivos foram o IAC 370 e o E 21, sendo o primeiro com maior massa de 100 grãos.

As fontes de nitrogênio, Entec, sulfato de amônio e uréia não proporcionaram diferença significativa para produtividades de grãos, assim como para o teor de clorofila (SPAD), altura de plantas, números de espigas por m², de espiguetas não desenvolvidas, de espiguetas por espiga, de grãos por espiga, de grãos por espiguetas e massa de 100 grãos.

As épocas de aplicação do nitrogênio não influenciaram a altura de plantas, número de espigas por m², massa hectolétrica e produtividade de grãos, porém, a aplicação de N em cobertura proporcionou maior teor de N foliar e de clorofila (SPAD).

As doses de N influenciaram a leitura SPAD de forma quadrática, com o ponto de máximo teor de clorofila na folha igual a 46 SPAD, sendo atingido com a estimativa de aplicação de 146 kg ha⁻¹ de N.

O teor de N foliar e o teor de clorofila (SPAD) correlacionaram-se positivamente, comprovando a relação direta entre o teor de nitrogênio e clorofila.

O nitrogênio aumentou a produtividade de grãos de trigo até a dose de 118,5 kg ha⁻¹ de N, em média, independente do cultivar, fonte de N e época de aplicação.

6. Referências

ABREU, J. B. R.; MONTEIRO, F. A. Produção e nutrição do capim Marandu em função de adubação nitrogenada e estádios de crescimento. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v.56, n.2, p.137-146, 1999.

ALCARDE, A. C. J.; GUIDOLIN, J. A.; LOPES, A. S. **Os adubos e a eficiência das adubações**. 2.ed. São Paulo: ANDA, 1991. 35 p. (Boletim técnico, 3).

ALVES, V. M. C.; NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Efeitos do alumínio sobre a absorção e translocação de fósforo e sobre a composição mineral de duas cultivares de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.23, n.6, p.563-573, 1988.

AMADO, T. J. C.; MELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, p.241-248, 2002.

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.

AUDE, M. I. S.; MARCHEZAN, E.; MAIRESSE, L. A. DA S.; BISOGNIN, D. A.; CIMA, R. J.; ZANINI, W. Taxa de acúmulo de matéria seca e duração do período de enchimento de grão do trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.10, p.1533-1539, 1994.

BARBOSA FILHO, M. P.; SILVA, O. F. **Adubação de cobertura do feijoeiro irrigado com uréia fertilizante em plantio direto: um ótimo negócio**. Piracicaba: POTAFÓS, 2001. p.1-5. (Informações Agronômicas, n.93)

BARBOSA FILHO, M. P.; FAGERIA, N. K.; SILVA, O. F. Fontes e métodos de aplicação de nitrogênio em feijoeiro irrigado submetido a três níveis de acidez do solo. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v.28, n.4, p.785-792, 2004.

BARTLETT, R. J.; RIEGO, D. C. Toxicity of hydroxyl aluminum in relation to pH and

phosphorus. **Soil Science**, Baltimore, v.114, n.3, p.194-200, 1972.

BARTZ, H. R.; SIQUEIRA, O. J. F.; SCHOLLES, D. Comparação de doses e épocas de aplicação de nitrogênio na competição de fontes de nitrogênio com diferentes solubilidades. In: REUNIÃO ANUAL CONJUNTA DE PESQUISA DE TRIGO, 8., 1976, Ponta Grossa. **Anais...** Solos e técnicas culturais. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1976. v.2, p.1-8.

BASSO, C. J.; CERETTA, C. A. Manejo do nitrogênio no milho em sucessão a plantas de cobertura de solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.4, p.905-915, 2000.

BELOW, F. E. Physiology, nutrition, and nitrogen fertilization of corn in the United States. In: SIMPÓSIO SOBRE FISIOLOGIA, NUTRIÇÃO, ADUBAÇÃO E MANEJO PARA PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DE CITROS, 2000, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: POTAFOS, 2000. (CD-ROM).

BISSOTO, V. Algumas considerações sobre a cultura do trigo. In: REUNIÃO DA COMISSÃO SUL-BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO, 36., Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2004. Disponível em: <<http://www.cnpt.embrapa.br/culturas/trigo/rcsbpt04/index.htm>>. Acesso em: 18 maio 2007.

BLACKMER, T. M., SCHEPERS, J. S. Techniques for monitoring crop nitrogen status in corn. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.25, n.9-10, p.1791-1800, 1995.

BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M. da; KLIEMANN, H. J.; ZIMMERMANN, F. J. P. Adubação nitrogenada em cobertura na cultura do trigo em sistema de plantio direto após diferentes culturas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.30, n.2, p.193-198, 2006.

BREDEMEIER, C. **Predição da necessidade de nitrogênio em cobertura em trigo e aveia**. 1999. 101f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Fitotecnia) - Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Estádios fenológicos do trigo para a adubação nitrogenada em cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.2, p.317-323, 2001.

BÜLL, L. T. Nutrição mineral do milho. In: YAMADA, T. **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.63-145.

CALEGARI, A.; HERNANI, L. C.; PITOL, C.; PRIMAVESI, O.; RESK, D. V. S. Manejo do material orgânico. In: SALTON, J. C.; HERNANI, L. C.; FONTES, C. Z. **Sistema plantio direto**: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília: Embrapa – SPI, Dourados: Embrapa – CPAQ, 1998. p.52-57.

CAMARGO, C. E. O.; LEITE, N. Adubação do trigo: experiência com N, P, K e S em solos de várzeas do Vale do Paraíba. **Bragantia**, Campinas, n.1, v.35, p.87-94, 1976.

CAMARGO, C. E. O.; FELICIO, J. C.; ROCHA, L. S. Trigo: tolerância ao alumínio em solução nutritiva. **Bragantia**, Campinas, v.46, n.2, p.187-190, 1987.

CAMARGO, C. E. O.; FELÍCIO, J. C.; PETTINELLI JUNIOR, A.; ROCCHA JUNIOR, L. S. **Adubação nitrogenada em cultura do trigo irrigada por aspersão no Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1988. 62p. (Boletim científico, 15).

CAMARGO, C. E. O.; FELÍCIO, J. C.; FERREIRA FILHO, A. W. P.; FREITAS, J. G.; PETTINELLI JUNIOR, A. **Adubação N, P, K para a cultura do trigo em condição de irrigação por aspersão**. Campinas: IAC, 1992. 12p. (Boletim técnico, 145).

CAMARGO, C. E. O., FREITAS, J. G.; CANTARELLA, H. Trigo e triticale irrigados. In: RAIJ, B. Van; SILVA, N.M.; BATAGLIA, O. C.; QUAGGIO, J. A.; HIROCE, R.; CANTARELLA, H.; BELINAZZI JUNIOR, R.; DECHEN, A. R.; TRANI, P. E. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1997. 27p. (Boletim técnico, 100).

CAMPOS, A. X.; TEDESCO, M. J. Eficiência da uréia e do sulfato de amônio na cultura do milho (*Zea mays* L.). **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v.15, n.1, p.119-125, 1979.

CAMPOS, L. A. C.; DOTTO, S. R.; BRUNETTA, D. **Informações técnicas das comissões centro-sul brasileira de pesquisa de trigo e de triticale para a safra de 2004**. Londrina: Embrapa, 2004. 214p.

CÁNOVAS, A. D.; SILVA, O. F. Aspectos econômicos da cultura do trigo em Goiás. **Safra: Revista do Agronegócio**, Goiânia, v.1, n.2, p.22-24, 2000.

CANTARELLA, H.; RAIJ, B. VAN. Adubação nitrogenada no estado de São Paulo. In: SANTANA, M. B. M. **Adubação nitrogenada no Brasil**. Ilhéus: CEPLAC/SBCS, 1986. p.47-79.

CANTARELLA, H.; SILVA, M. M.; ESPIRONELLO, A.; FURNALI, P. R.; WUTKE, A. C. P.; TOLEDO, S. V.; GALLO, P. B.; VILLELA, O. V.; QUAGGIO, J. A.; BERTON, R. S. Avaliação agronômica de fertilizantes nitrogenados. In: GOEDERT, W. J.; DIAS, F. A. **Relatório bienal 1986-1987**. Brasília: EMBRAPA/PETROBRÁS, 1988. p.33-48.

CANTARELLA, H.; RAIJ, B. Van; CAMARGO, C. E. O. Cereais. In: RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de calagem e adubação para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1997, 285p. (Boletim técnico, 100).

CANTARELLA, H. Adubação nitrogenada em sistema de cana crua. **STAB**, Piracicaba, v.16, p.21-22, 1998.

CANTARELLA, H.; ROSSETO, R.; BARBOSA, W.; PENNA, M. J.; RESENDE, L. C. L. Perdas de nitrogênio por volatilização da amônia e resposta da cana-de-açúcar à adubação nitrogenada, em sistema de colheita de cana sem queima prévia. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB: álcool subprodutos, 7., 1999, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa, 1999. p.82-87.

CANTARELLA, H.; GALLO, P. B.; BOLONHEZI, D.; QUAGGIO, J. A. Inibidor de urease para produção de milho em plantio direto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24, 2004, Lages. **Resumos...** Lages: 2004. (CD-ROOM).

CARVALHO, M. A. C.; FURLANI JÚNIOR, E.; ARF, O.; SÁ, M. E.; PAULINO, H. B.; BUZETTI, S. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio e teores foliares deste nutriente e de clorofila em feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.3, p.445-450, 2003.

CARVALHO, G. Riqueza preservada. **Panorama Rural**, São Paulo, v.5, n.73, p.30-33, 2005.

CERETTA, C. A. **Dinâmica do nitrogênio em sistemas de produção na região Sul do Brasil**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Seropédica; Embrapa Agrobiologia, 2000. 163p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 28/Embrapa Agrobiologia. Documentos, 128).

CHAPMAN, S. C.; BARRETO, H. J. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. **Agronomy Journal**, Madison, v.89, n.4, p.557-562, 1997.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E.; BAHIA FILHO, A. F. C.; GUEDES G. A. A. Doses e métodos de aplicação de fertilizantes nitrogenados na cultura do milho sob irrigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.16, n.1, p.61-67, 1992.

COELHO, M. A. O.; SOUZA, M. A.; SEDIYAMA, T.; RIBEIRO, A. C.; SEDIYAMA, C. S. Resposta da produtividade de grãos e outras características agronômicas do trigo EMBRAPA-22 irrigado ao nitrogênio em cobertura. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.22, n.3, p.555-561, 1998.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos: intenção de plantio segundo levantamento, novembro 2007/Companhia Nacional de Abastecimento**. Brasília: Conab, 2007. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 16 dez. 2007.

COQUEIRO, E. P.; SANTOS, H. L.; ANDRADE, J. M. V. de. Adubação N P K e microelementos em trigo em solo de várzea, em Sete Lagoas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.7, n.1, p.111-114, 1972.

COSTA, J. M.; OLIVEIRA, E. F. **Fertilidade do solo e nutrição de plantas**. Campo Mourão: COAMO/CODETEC, 1998. 89p.

COSTA, A. **Doses e modos de aplicação de calcário na implantação de sucessão soja-trigo em sistema plantio direto**. 2000. 146 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) Faculdade de Ciência Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

COSTA, A. C. S.; FERREIRA, J. C.; SEIDEL, E. P.; CÁSSIO, A. T.; PINTRO, J. C. Perdas de nitrogênio por volatilização da amônia em três solos argilosos tratados com uréia. **Acta Scientiarum- Agronomy**, Maringá, v.26, n.4, p.467-473, 2004.

DWYER, L. M., ANDERSON, A. M., M. A., B. L. 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.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **O melhoramento e os trigos da Embrapa em cultivo no Brasil**. Passo Fundo: 2001. 96p. (Comunicado Técnico, 81).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPSo, 2006. 306p.

EPSTEIN, E. **Nutrição mineral das plantas: princípios e perspectivas**. São Paulo: Edusp, 1975. p.249-250.

ERNANI, P. R. **Disponibilidade de nitrogênio e adubação nitrogenada para macieira**. Lages: Graphel, 2003. 76p.

FAGEIRA, N. K. Response of wheat to phosphorus fertilization on an Oxisol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.4, p.531-537, 1990.

FANCELLI, A. L.; FAVARIN, J. L. Realidade e perspectivas para o sistema de plantio direto no estado de São Paulo. In: FANCELLI, A. L. **Plantio direto**. Piracicaba: FEALQ; ESALQ/USP, 1989. p.15-34.

FARIA, C. M. B.; PEREIRA, J. R. Fontes e níveis de nitrogênio na produtividade de cebola no submédio São Francisco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, n.3, p.403-407, 1992.

FIGUEIREDO, C. C.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C.; URQUIAGA, S. Sistemas de manejo na absorção de nitrogênio pelo milho em um Latossolo Vermelho no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.3, p.279-287, 2005.

FLOSS, E. Benefícios da biomassa de aveia ao sistema de semeadura direta. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v.1, n.57, p. 25-29, 2000.

FOLLETT, R. H.; FOLLETT, R. F.; HALVORSON, A. D. Use of a chlorophyll meter to evaluate the nitrogen status of dryland winter wheat. **Communications in soil science and plant analysis**, New York, v.23, n.7-8, p.687-697, 1992.

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.3-4, p.171-181, 1994.

FRANK, A. B.; BAUER, A. Temperature, nitrogen and carbon dioxide effects on spring wheat development and spikelet numbers. **Crop Science**, Madison, v.36, n.3, p.659-665, 1996.

FREDERICK, J. R.; CAMBERATO, J. J. Water and nitrogen effects on winter in the Southeastern Coastal Plain: I. Grain yield and kernel traits. **Agronomy Journal**, Madison, v.87, n.3, p.521-526, 1995.

FREITAS, J. G.; CAMARGO, C. E. O.; PEREIRA FILHO, A. W. P. Produtividade e resposta de genótipos de trigo ao nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v.53, n.2, p.281-290, 1994.

FREITAS, J. G.; CAMARGO, C. E. O.; FERREIRA FILHO, A. W. P.; CASTRO, J. L. Eficiência e resposta de genótipos de trigo ao nitrogênio. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Viçosa, v.19, p.229-234, 1995.

FRIZZONE, J. A.; MELLO JÚNIOR, A. V.; FOLEGATTI, M. V.; BOTREL, T. A. Efeito de diferentes níveis de irrigação e adubação nitrogenada sobre componentes de produtividade da cultura do trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.6, p.425-434, 1996.

FURLANI, A. M. C.; GUERREIRO FILHO, O.; COELHO, R. M.; BETTI, J. A.; FREITAS, S. S. **Recomendações da comissão técnica de trigo para 2002**. 3.ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 2002. 92p. (Série Tecnológica APTA, Boletim Técnico IAC, 167).

GARGANTINI, H.; OLIVEIRA FILHO, F. S. Efeito de diferentes fertilizantes nitrogenados na produção do trigo em vasos. **Bragantia**, Campinas, v.31, n.11, p.129-135, 1972.

GROVE, T. L.; RICHEY, K. D.; NADERMAN JUNIOR, G. C. Nitrogen fertilization of maize on an oxisol of the cerrado of Brazil. **Agronomy Journal**, Madison, v.72, n.2, p.261-265, 1980.

GRUNDY, A. C.; BOATMAN, N. D.; FROUD-WILLIAMS, R. J. Effects of herbicide and nitrogen fertilizer application on grain yield and quality of wheat and barley. **Journal of Agriculture Science**, Cambridge, v.126, n.4, p.379-385, 1996.

HARPER, J. E. Nitrogen metabolism. In: BOOTE, K. J. et. al. **Physiology and determination of crop yield**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. cap.11A, p.285-302.

HEINEMANN, A. B.; STONE, L. F.; DIDONET, A. D.; TRINDADE M. G.; SOARES. B. B.; MOREIRA J. A. A.; CÁNOVAS A. D. Eficiência de uso da radiação solar na produtividade do trigo decorrente da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.2, p.352-356, 2006.

HERNANI, L. C.; KURIHARA, C. H.; SILVA, W. M. Sistema de manejo do solo e perdas de nutriente e matéria orgânica por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, n.1, p.145-154, 1999.

HOLTZ, G. P.; Sá, J. C. M. Resíduos culturais: reciclagem de nutrientes e impacto na fertilidade do solo. In: CURSO sobre manejo do solo em plantio direto. Castro: Fundação ABC, 1995. p.21-36.

HUANG, J. W.; GRUNES, D. L. Potassium/magnesium ratio effects on tolerance and mineral composition of wheat forage. **Agronomy Journal**, Madison, v.84, n.4, p. 643-650, 1992.

INFORMAÇÕES técnicas para a cultura de trigo na região do Brasil Central: safra 2005 e 2006. Santo Antônio de Goiás: Embrapa arroz e feijão, 2005. 86 p. (Documentos, 173).

INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE - IPNI. **Informações recentes para otimização da produção agrícola**. Piracicaba: POTAFÓS, 2007. p.1-4 Disponível em <[http://www.ipni.org.br/ppiweb/gbrazil.nsf/\\$webindex/article](http://www.ipni.org.br/ppiweb/gbrazil.nsf/$webindex/article)>. Acesso em: 15 jun. 2007.

KITUR, B. K. et al. Fate of ¹⁵N-depleted ammonium nitrate applied to no-tillage corn. **Agronomy Journal**, Madison, v.76, n.2, p.240-242, 1984.

KLUTHCOUSKI J.; AIDAR H.; THUNG M.; OLIVEIRA, F. R. de A. Manejo antecipado do nitrogênio nas principais culturas anuais. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.113, 2006. 24p. (Informações Agronômicas, 113).

KOELLIKER, J. K.; KISSEL, D. E.. Chemical equilibrium affecting ammonia volatilization. In: BOCK, B.R.; KISSEL, D.E. (Ed.). **Ammonia volatilization from urea fertilizers**. bull Y-206. Muscle Shoals, AL: Tennessee Valley Authority, National Fertilizer Development Center, 1988. p.37-52.

KURIHARA, H. C.; FABRÍCIO, A. C.; PITOL, C.; STAUT, L. A.; KICHEL, A. N.; MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H.; WIETHOLTER, S. Adubação, In: SALTON, J. C.; HERNANI, L. C.; FONTES, C. Z. **Sistema plantio direto: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa – SPI, Dourados: Embrapa – CPAQ, 1998, p.136-144.

LAMOTHE, A. G. Fertilización con N y potencial de rendimiento en trigo. In: KOHLI, M. M.; MARTINO, D. L. (Ed.). **Explorando altos rendimientos de trigo**. Montevideo: CIMMYT/INIA, 1998. p.207-246.

LANA, R. M. Q.; FARIA, M. V.; LANA, A. M. Q.; BONOTTO, I.; PEREIRA, D. M.; TREVISAN, L. R. Uso de fertilizantes contendo inibidor de nitrificação e micronutrientes via semente e foliar na cultura do milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 26., 2006, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: ABMS, 2006. (CD – ROM).

LARA CABEZAS, W. A. R.; YAMADA, T. Uréia aplicada na superfície do solo: um péssimo negócio! **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 86, p. 9-10, 1999. (Informações Agronômicas, 86).

LARA CABEZAS, W. A. R. et al. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura de milho, em sistema plantio direto no triângulo mineiro (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.2, p.363-376, 2000.

LOPEZ-BELLIDO, R. J.; SHEPHERD, C. E.; BARRACLOUGH, P. B. Predicting post-anthesis N requirements of bread wheat with a Minolta SPAD meter. **European Journal of Agronomy**, London, v.20, n.3, p.313-320, 2004.

LOS FERTILIZANTES y su uso. 4.ed. Roma: FAO/IFA, 2002, p.87. Disponível em: <www.fertilizer.org>. Acesso em: 05 set. 2006.

LOURENTE, E. R. P.; ONTOCELLI, R.; SOUZA, L. C. F.; GONÇALVES, M. C.; MARCHETTI, M. E.; RODRIGUES, E. T. Culturas antecessoras, doses e fontes de nitrogênio nos componentes de produção do milho. **Acta Scientiarum-Agronomy**, Maringá, v.29, n.1, p.55-61, 2007.

MAGALHÃES, A. F. Eficiência da uréia recoberta com enxofre na cultura do trigo. **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v.12, n.2, p.130-140, 1976.

MAGALHÃES, A. F.; MACHADO, C. P. Eficiência agronômica de diferentes fertilizantes nitrogenados em solos com arroz irrigado. **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v.9, n.1, p.105-112, 1973.

MAHLER, R. L. et al. Soils. Nitrogen source, timing of application, and placement: effects on winter wheat production. **Agronomy Journal**, Madison, v.86, n.3, p.637-642, 1994.

MALAVOLTA, E.; HAAG, H. P.; MELLO, F. A. F.; BRASIL SOBRINHO, M. O. C. **Nutrição e adubação de plantas cultivadas**. São Paulo: Pioneira, 1974. 752 p.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 130p.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. 3.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 569p.

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

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. London: Academic Press, 1995. 902p.

MELLO, F. A. F. **Uréia fertilizante**. Campinas: Fundação Cargil, 1987. 192p.

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

OLIVEIRA, O. F.; CAMARGO, C. E. O.; RAMOS, V. J. Efeito do fósforo sobre os componentes de produção, altura de plantas e rendimento de grãos em trigo. **Bragantia**, Campinas, v.43, n.1, p.31-44, 1984.

PARAMESWARAN, K. V. M.; GRAHAM, R. D.; ASPINALL, D. Studies on the nitrogen and water relations on wheat. II. Effects of varying nitrogen and water supply on growth and grain yield. **Irrigation Science**, Berlin, v.5, n.2, p.105-121, 1984.

PARRA, M. S.; HOEPFNER, M. A.; VOSS, M. Adubação do feijoeiro no estado do Paraná. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÓMICO DO PARANÁ - IAPAR. **Cultura do feijão no estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1980. p.33-45 (IAPAR. Circular, 18).

PENCKOWSKI, L. H. 2006. 84p. **Efeitos de regulador de crescimento e de doses de nitrogênio na qualidade industrial e em características agrônômicas da cultura de trigo**. 2006. 84 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2006.

PERUZZO, G.; SIQUEIRA, O. J. F.; WIETHÖLTER, S. Eficiência agrônômica de fertilizantes nitrogenados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.7, p.1027-1034, 1994.

PETTINELLI NETO, A.; CRUSCIOL, A. C.; BICUDO, S. J.; FREITAS, J. G.; PULZ, A. L. Eficiência e resposta de genótipos de trigo irrigado ao nitrogênio para o Estado de São Paulo. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 14., 2002, Presidente Prudente. **Anais...** Presidente Prudente: UNESP- Programa de Iniciação Científica da UNESP, 2002. (CD-ROM).

PIEKIELEK, W. P.; FOX, R. H. Use of a chlorophyll meter to predict sidedress nitrogen requirements for maize. **Agronomy Journal**, Madison, v.84, n.1, p.59-65, 1992.

POTTKER, D.; FABRÍCIO, A. C.; NAKAYAMA, L. H. I. Doses e métodos de aplicação de nitrogênio para a cultura do trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, n.10, p.1197-1201, 1984.

RAIJ, B. Van; QUAGGIO, J. A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas : IAC, p.11-31, 1983. (Boletim Técnico Instituto Agrônômico, 81).

RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de calagem e adubação para o estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1997. 285p. (Boletim técnico 100).

RAMOS, M. Efeitos do nitrogênio e fósforo sobre características agronômicas da variedade de trigo IAS 54 e suas relações com a produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 8, p.213-216, 1973.

RAMOS, M.; ZIMMERMANN, F. J. **Resposta do trigo (*Triticum aestivum* L.) a modos e épocas de aplicação de nitrogênio, na região de Campos Gerais, Estado do Paraná**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1976. 11p. (Boletim técnico 1).

REEVES, D. W., MASK, P. L., WOOD, C. W. Determination of wheat nitrogen status with a hand-held chlorophyll meter: influence of management practices. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.16, n.4, p.781-796, 1993.

REICHARDT, K.; LIBARDI, P. L.; URQUIAGA, S. C. Fate of fertilizer nitrogen in soil-plant systems with emphasis on the tropics. In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (Ed.). **Agrochemicals: fate in food and the environment**. Viena, 1982. p.277-290.

ROS, C. O. da; SALET R. L.; PORN, R. L.; MACHADO, J. N. C. Disponibilidade de nitrogênio e produtividade de milho e trigo com diferentes métodos de adubação nitrogenada no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.5, p.799-804, 2003.

RYAN, P. R.; KOCHIAN, L. V. Interaction between aluminum toxicity and calcium uptake at the root apex in near-isogenic lines of wheat (*Triticum aestivum* L.) differing in aluminum tolerance. **Plant Physiology**, Bethesda, v.102, n.3, p.975-982, 1993.

SÁ, J. C. M. **Manejo da fertilidade do solo no plantio direto**. Castro: Fundação ABC, 1996, 96p.

SÁ, J. C. M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: SIQUEIRA, J.O. et al. **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Viçosa: SBSC/Lavras: UFLA/DCS, 1999. p.291-309.

SANTOS, A. B.; SILVA, O. F. Manejo do nitrogênio. In: AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. (Eds.). **Produção do feijoeiro comum em várzeas tropicais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p.207-230.

SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1974. 56p. (mimeogr.).

SCALCO, M. S.: Campo experimental da Universidade Federal de Lavras/UFLA, **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v.26, n.2, p.400-410, 2002.

SCHADCHINA, T. M., DMITRIEVA, V. V. Leaf chlorophyll content as a possible diagnostic mean for the evaluation of plant nitrogen uptake from the soil. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.18, p.1427-1437, 1995.

SCHRÖDER, J. J., NEETESON, J. J., OENEMA, O. Does the crop or the soil indicate how to save nitrogen in maize production? Reviewing the state of the art. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.66, n.1, p.151-164, 2000.

SERRANA. **Manejo do nitrogênio em alguns sistemas de produção**. Cajati-SP: Serrana fertilizantes, jun. 2000. (Boletim Técnico Fertilizantes). Disponível em: <www.serrana.com.br>. Acesso em: 10 fev. 2005.

SHAVIV, A. Advances in controlled - release fertilizers. **Advances in Agronomy**, San Diego, v.71, p.1-49, 2001.

SILVA, D. B. Efeito do nitrogênio em cobertura sobre o trigo em sucessão a soja na região dos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.9, p.1387-1392, 1991.

SILVA, D. B.; GOTO, W. S. Resposta do trigo de sequeiro ao nitrogênio, após soja precoce, na região do alto Paranaíba, MG. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.9, p.1401-1405, 1991.

SILVA, D. B. ; GUERRA, A. F.; REIN, T. A.; ANJOS, J. R. ; ALVES, R. T.; RODRIGUES, G. C.; SILVA, I. A. C. **Trigo para o abastecimento familiar, do plantio à mesa**. Brasília: Embrapa - SPI; Planaltina: Embrapa - CPAC, 1996. 176p.

SILVA, R. C. C.; ESPINDULA, M. C.; ROCHA, V. S.; FONTES, P. C. R.; SOUZA, L. T. Índice spad na folha de trigo submetido à doses de nitrogênio e de trinexapac-etil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2007., Gramado. **Resumos...**, Gramado: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. (CD-ROM).

SILVA, P. R. F. da et al. Grain yield and kernel protein content increases of maize hybrids with late nitrogen side-dresses. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.62, n.5, p.487-492, 2005.

SILVEIRA, P. M. da; COBUCCI, T.; RIOS G. P.; STONE, L. F.; SILVA, O. F. **Sistemas agrícolas irrigados nos cerrados**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. 1999. 63p.

SMEAL, D., ZHANG, H. Chlorophyll meter evaluation for nitrogen management in corn. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.25, n.9-10, p.1495-1503, 1994.

SOARES SOBRINHO, J. **Efeito de doses de nitrogênio e de lâminas de água sobre as características agrônômicas e industriais em duas cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.)**. 1999. 102 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1999.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2.ed. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416p.

STOKING, C. R.; ONGUN, A. The intracellular distribution of some metallic elements in leaves. **American Journal of Botany**, Columbus, v.49, n.3, p.284-289, 1962.

SUNDERMAN, H. D.; PONTIUS, J. S.; LAWLESS, J. R. Variability in leaf chlorophyll concentration among fully-fertilized corn hybrids. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.28, n.19, p.1793-1803, 1997.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; ALVAREZ, R. C. F.; FREITAS, J. G.; ARF, O.; SÁ, M. E. Resposta de cultivares de trigo irrigado por aspersão ao nitrogênio em cobertura na região do Cerrado. **Acta Scientiarum-Agronomy**, Maringá, v.29, n.3, p.421-425, 2007.

TERMAN, G. L. Volatilization losses of nitrogen as ammonia from surface-applied fertilizers, organic amendments, and crop residues. **Advances in Agronomy**, Orlando, v.31, p.189-223, 1979.

TRINDADE, M. G.; STONE, L. F.; HEINEMANN, A. B.; CÁNOVAS, A. D.; MOREIRA, J. A. A. Nitrogênio e água como fatores de produtividade do trigo no cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.1, p.24-29, 2006.

VALE, F. R.; SILVA, C. A.; PORTO, D. Nitrificação em solos do sudoeste da Bahia incubados com uréia ou sulfato de amônio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 23., 1991, Porto Alegre. **Resumos...** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. p.180.

VARGAS, L. K.; SCHOLLES, D. Nitrogênio da biomassa microbiana, em sistemas de manejo do solo, estimado por fumigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, n.3, p.411-417, 1998.

VARVEL, G. E.; SCHEPERS, J. S.; FRANCIS, D. D. Ability for in-season correction of nitrogen deficiency in corn using chlorophyll meters. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.61, n.4, p.1233-1239, 1997.

VIEIRA, R. D.; FORNASIERI FILHO, D.; MINOHARA, L.; BERGAMASCHI, M. C. M. Efeito de doses e de épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na produção e na qualidade fisiológica de sementes de trigo. **Científica**, São Paulo, v.23, n.2, p.257-264, 1995.

VITTI, G. C.; BARROS JÚNIOR, M. C. Diagnóstico da fertilidade do solo e adubação para alta produtividade de milho. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Milho: tecnologia e produtividade**. Piracicaba: ESALQ/LPV, 2001. p.179-222.

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

WASKOM, R. M. et al. Monitoring nitrogen status of corn with a portable chlorophyll meter. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.27, n.3, p.545-560, 1996.

WUTKE, E. B.; BULISANI, E. A.; MASCARENHAS, H. A. A. **I Curso de adubação verde no Instituto Agronômico**. Campinas: Instituto Agronômico, 1993. 29p.

ZAGONEL, J.; VENÂNCIO, W. S.; KUNZ, R. P.; TANAMATI, H. Doses de nitrogênio e densidade de plantas com e sem um regulador de crescimento afetando o trigo, cultivar OR-1. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.1, p.25-29, 2002.

ZANATTA, A. C. A.; OERLECKE, D. Efeito de genes de nanismo sobre alguns caracteres agronômicos e morfológicos de *Triticum aestivum* (L.) Thell. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.7, p.1001-1016. 1991.

ZONTA, E. P.; MACHADO, A. A. **Sistema de análise estatística para microcomputadores – SANEST**. Pelotas: UFPel, Instituto de Física e Matemática, 1986. 150p.

FOTOS DO EXPERIMENTO



Foto 1. Área experimental com a cultura do trigo no estágio inicial de emborrachamento, em plantio direto, da UNESP – Campus de Ilha Solteira, localizada em Selvíria – MS, 2007.



Foto 2. Unidades experimentais com a cultura do trigo, mostrando o efeito de diferentes tratamentos, na FEPE da UNESP – Campus de Ilha Solteira. Selvíria – MS, 2007.



Foto 3. Fertilizante “Entec”, uma fonte de N com inibidor de nitrificação. Selvíria – MS, 2006.

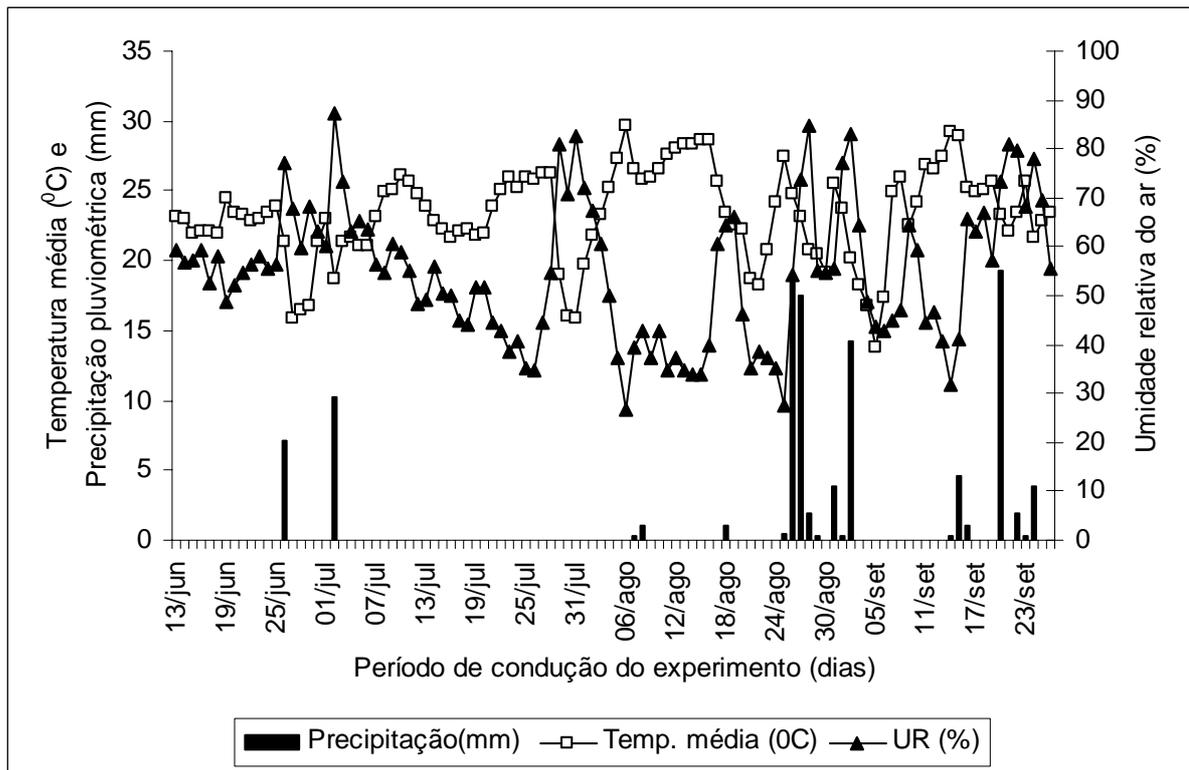


Foto 4. Área experimental com a cultura do trigo no estágio de maturação, da UNESP – Campus de Ilha Solteira, localizada em Selvíria – MS, 2006.

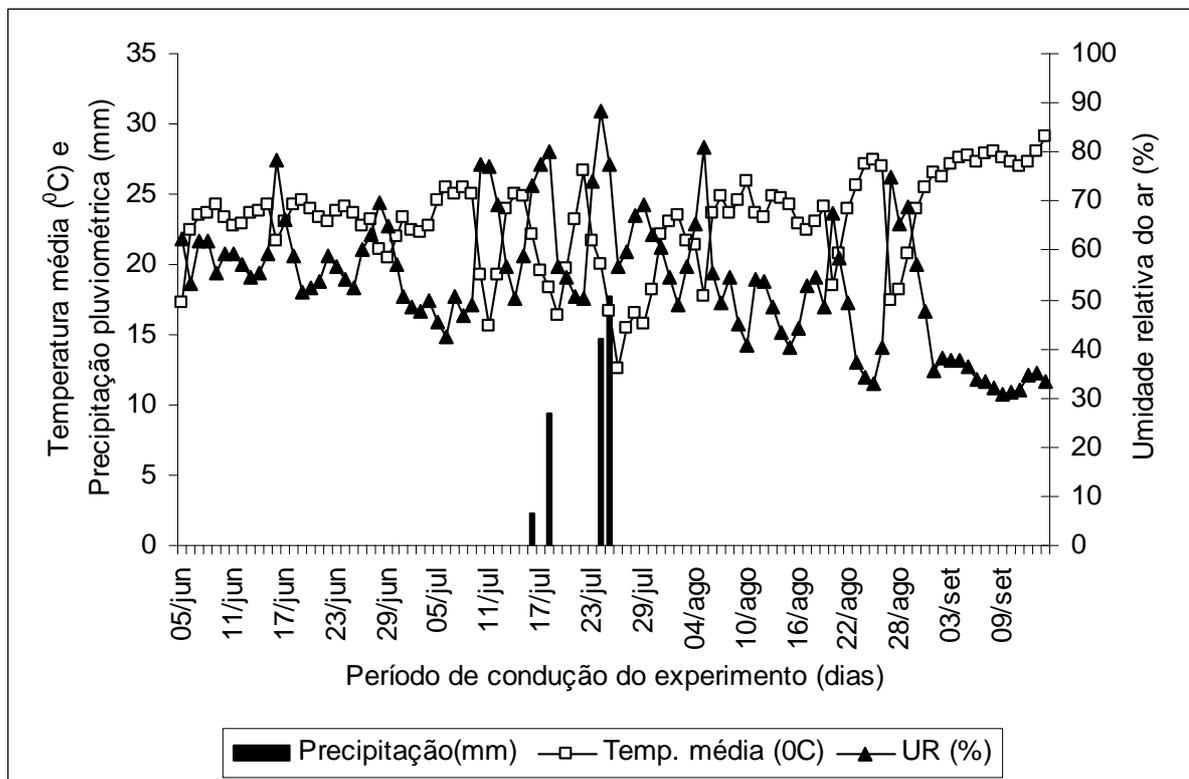
APÊNDICE

Lista de Apêndices

	Página
Apêndice A. Precipitação pluvial (mm), temperatura média ($^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa do ar (%), durante a condução do experimento. Selvíria – MS, 2006.....	74
Apêndice B. Precipitação pluvial (mm), temperatura média ($^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa do ar (%), durante a condução do experimento. Selvíria – MS, 2007.....	74
Apêndice C. Quadrados médios, significâncias, médias gerais e coeficientes de variação referentes ao teor de nitrogênio foliar (N Foliar), altura de plantas (A. P.) e número de espigas por metro quadrado ($\text{N}^{\circ} \text{ESP. M}^{-2}$). Selvíria – MS, 2006.....	75
Apêndice D. Quadrados médios, significâncias, médias gerais e coeficientes de variação referentes ao teor de nitrogênio foliar (N Foliar), leitura do clorofilômetro (Leitura SPAD), altura de plantas (A. P.) e número de espigas por metro quadrado ($\text{N}^{\circ} \text{ESP. M}^{-2}$). Selvíria – MS, 2007.....	76
Apêndice E. Quadrados médios, significâncias, médias gerais e coeficientes de variação referente ao número de espiguetas não desenvolvidas ($\text{N}^{\circ} \text{ESPG. ND.}$), número de espiguetas por espiga ($\text{N}^{\circ} \text{ESPG. ESP.}^{-1}$), número de grãos por espiga ($\text{N}^{\circ} \text{G. ESP.}^{-1}$) e número de grãos por espiguetas (G. ESPG.^{-1}). Selvíria – MS, 2006.....	77
Apêndice F. Quadrados médios, significâncias, médias gerais e coeficientes de variação referente ao número de espiguetas não desenvolvidas ($\text{N}^{\circ} \text{ESPG. ND.}$), número de espiguetas por espiga ($\text{N}^{\circ} \text{ESPG. ESP.}^{-1}$), número de grãos por espiga ($\text{N}^{\circ} \text{G. ESP.}^{-1}$) e número de grãos por espiguetas (G. ESPG.^{-1}). Selvíria – MS, 2007.....	78
Apêndice G. Quadrados médios, significâncias, médias gerais e coeficientes de variação referente à massa hectolétrica (M. H.), massa de 100 grãos (M. 100 G) e produtividade de grãos (P. G.). Selvíria – MS, 2006.....	79
Apêndice H. Quadrados médios, significâncias, médias gerais e coeficientes de variação referente à massa hectolétrica (M. H.), massa de 100 grãos (M. 100 G) e produtividade de grãos (P. G.). Selvíria – MS, 2007.....	80



Apêndice A. Precipitação pluvial (mm), temperatura média ($^{\circ}$ C) e umidade relativa do ar (%), durante a condução do experimento. Selvíria – MS, 2006.



Apêndice B. Precipitação pluvial (mm), temperatura média ($^{\circ}$ C) e umidade relativa do ar (%), durante a condução do experimento. Selvíria – MS, 2007.

Apêndice C. Quadrados médios, significâncias, médias gerais e coeficientes de variação referentes ao teor de nitrogênio foliar (N Foliar), altura de plantas (A. P.) e número de espigas por metro quadrado (Nº ESP. M²). Selvíria – MS, 2006.

Causas de variação	Q.M.		
	(N Foliar)	(A. P.)	(Nº ESP. M ²)
Cultivares (C)	312,47 **	3640,87 **	123218,34 **
Épocas de aplicação (E)	894,29 **	10,00 ^{ns}	3209,35 ^{ns}
Fontes de N (F)	18,62 ^{ns}	20,01 ^{ns}	6406,46 ^{ns}
Doses de N (D)	189,79 **	19,74 ^{ns}	1101,11 ^{ns}
Blocos	2,85 ^{ns}	18,43 ^{ns}	13781,63 **
C x E	102,59 **	13,27 ^{ns}	7065,64 ^{ns}
C x F	15,33 ^{ns}	16,86 ^{ns}	1522,39 ^{ns}
C x D	16,26 ^{ns}	19,29 ^{ns}	3024,71 ^{ns}
E x F	23,37 ^{ns}	72,03 ^{ns}	132,32 ^{ns}
E x D	8,45 ^{ns}	23,17 ^{ns}	3988,34 ^{ns}
F x D	24,74 ^{ns}	19,95 ^{ns}	1580,97 ^{ns}
C x E x F	12,44 ^{ns}	3,79 ^{ns}	2204,10 ^{ns}
C x E x D	21,03 ^{ns}	14,71 ^{ns}	2837,78 ^{ns}
C x F x D	9,15 ^{ns}	6,96 ^{ns}	4965,73 ^{ns}
E x F x D	15,03 ^{ns}	8,18 ^{ns}	1468,98 ^{ns}
C x E x F x D	13,10 ^{ns}	12,70 ^{ns}	3514,44 ^{ns}
Resíduo	10,09	12,92	2771,91
C. V. (%)	6,93	4,99	19,58

** significativo p<0,01 * significativo 0,01<p<0,05 ns: não significativo

Apêndice D. Quadrados médios, significâncias, médias gerais e coeficientes de variação referentes ao teor de nitrogênio foliar (N Foliar), leitura do clorofilômetro (Leitura SPAD), altura de plantas (A. P.) e número de espigas por metro quadrado (N° ESP. M²). Selvíria – MS, 2007.

Causas de variação	Q.M.			
	(N Foliar)	(Leitura SPAD)	(A. P.)	(N° ESP. M ²)
Cultivares (C)	637,38 **	0,01 ^{ns}	8,44 ^{ns}	707,27 ^{ns}
Épocas de aplicação (E)	315,97 **	49,28 **	51,34 *	395,27 ^{ns}
Fontes de N (F)	90,96 **	11,42 ^{ns}	0,22 ^{ns}	1929,01 ^{ns}
Doses de N (D)	1400,76 **	564,88 **	21,15 ^{ns}	40658,32 **
Blocos	476,57 **	1,66 ^{ns}	36,85 *	319,42 ^{ns}
C x E	263,08 ^{ns}	19,44 ^{ns}	0,10 ^{ns}	64,07 ^{ns}
C x F	33,46 ^{ns}	4,22 ^{ns}	1,55 ^{ns}	2180,80 ^{ns}
C x D	79,61 **	7,63 ^{ns}	4,40 ^{ns}	2334,28 ^{ns}
E x F	72,25 ^{ns}	0,44 ^{ns}	20,60 ^{ns}	195,45 ^{ns}
E x D	16,47 ^{ns}	8,49 ^{ns}	2,73 ^{ns}	1228,24 ^{ns}
F x D	35,24 ^{ns}	5,64 ^{ns}	14,88 ^{ns}	588,29 ^{ns}
C x E x F	62,24 ^{ns}	8,49 ^{ns}	0,22 ^{ns}	3009,03 ^{ns}
C x E x D	9,49 ^{ns}	11,75 ^{ns}	4,81 ^{ns}	559,45 ^{ns}
C x F x D	11,40 ^{ns}	8,71 ^{ns}	7,09 ^{ns}	1190,63 ^{ns}
E x F x D	13,90 ^{ns}	4,63 ^{ns}	5,48 ^{ns}	1360,11 ^{ns}
C x E x F x D	24,32 ^{ns}	6,28 ^{ns}	34,10 ^{ns}	1549,66 ^{ns}
Resíduo	17,47	6,63	11,97	2267,66
C. V. (%)	9,20	6,06	4,23	12,24

** significativo p<0,01 * significativo 0,01<p<0,05 ns: não significativo

Apêndice E. Quadrados médios, significâncias, médias gerais e coeficientes de variação referente ao número de espiguetas não desenvolvidas (Nº ESPG. ND.), número de espiguetas por espiga (Nº ESPG. ESP.⁻¹), número de grãos por espiga (Nº G. ESP.⁻¹) e número de grãos por espiguetas (G. ESPG.⁻¹). Selvíria – MS, 2006.

Causas de variação	Q.M.			
	(Nº ESPG.ND.)	(Nº ESPG. ESP. ⁻¹)	(Nº G. ESP. ⁻¹)	(G.ESPG. ⁻¹)
Cultivares (C)	1,86 **	35,11 **	1080,10 **	3,74 **
Épocas de aplicação (E)	0,05 ns	1,79 ns	13,72 ns	0,01 ns
Fontes de N (F)	0,19 ns	1,28 ns	31,85 ns	0,03 ns
Doses de N (D)	0,60 ns	3,39 ns	20,63 ns	0,03 ns
Blocos	0,05 ns	1,56 ns	45,93 ns	0,23 ns
C x E	0,11 ns	1,51 ns	12,94 ns	0,01 ns
C x F	0,19 ns	0,70 ns	16,38 ns	0,04 ns
C x D	0,29 ns	2,05 ns	14,15 ns	0,03 ns
E x F	0,02 ns	4,44 ns	38,33 ns	0,01 ns
E x D	1,58 ns	7,91 ns	37,63 ns	0,07 ns
F x D	0,50 ns	8,31 ns	20,26 ns	0,04 ns
C x E x F	0,38 ns	0,81 ns	14,27 ns	0,03 ns
C x E x D	0,40 ns	0,81 ns	14,15 ns	0,03 ns
C x F x D	0,36 ns	2,26 ns	36,89 ns	0,07 ns
E x F x D	0,67 ns	3,76 ns	33,37 ns	0,05 ns
C x E x F x D	0,29 ns	0,96 ns	18,41 ns	0,03 ns
Resíduo	0,47	2,35	28,36	0,06
C. V. (%)	29,16	9,19	13,57	10,27

** significativo p<0,01 * significativo 0,01<p<0,05 ns: não significativo

Apêndice F. Quadrados médios, significâncias, médias gerais e coeficientes de variação referente ao número de espiguetas não desenvolvidas (N° ESPG. ND.), número de espiguetas por espiga (N° ESPG. ESP.⁻¹), número de grãos por espiga (N° G. ESP.⁻¹) e número de grãos por espiguetas (G. ESPG.⁻¹). Selvíria – MS, 2007.

Causas de variação	Q.M.			
	(N° ESPG. ND.)	(N° ESPG. ESP. ⁻¹)	(N° G. ESP. ⁻¹)	(G. ESPG. ⁻¹)
Cultivares (C)	4,55 **	0,43 ^{ns}	333,99 **	0,65 **
Épocas de aplicação (E)	19,78 **	40,42 **	81,94 *	0,04 ^{ns}
Fontes de N (F)	0,30 ^{ns}	0,50 ^{ns}	48,08 *	0,11 *
Doses de N (D)	1,40 **	6,72 **	43,59 *	0,03 ^{ns}
Blocos	2,64 **	3,10 ^{ns}	119,41 **	0,17 **
C x E	0,26 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,00 ^{ns}
C x F	0,34 ^{ns}	0,64 ^{ns}	13,47 ^{ns}	0,01 ^{ns}
C x D	0,48 ^{ns}	1,41 ^{ns}	7,41 ^{ns}	0,06 ^{ns}
E x F	0,20 ^{ns}	0,17 ^{ns}	24,61 ^{ns}	0,05 ^{ns}
E x D	0,98 ^{ns}	2,13 ^{ns}	14,89 ^{ns}	0,04 ^{ns}
F x D	0,33 ^{ns}	2,44 ^{ns}	16,52 ^{ns}	0,06 ^{ns}
C x E x F	0,77 ^{ns}	0,37 ^{ns}	44,88 ^{ns}	0,12 ^{ns}
C x E x D	0,47 ^{ns}	1,57 ^{ns}	4,64 ^{ns}	0,03 ^{ns}
C x F x D	0,08 ^{ns}	2,23 ^{ns}	3,01 ^{ns}	0,03 ^{ns}
E x F x D	0,40 ^{ns}	1,75 ^{ns}	10,93 ^{ns}	0,03 ^{ns}
C x E x F x D	0,10 ^{ns}	1,48 ^{ns}	20,98 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Resíduo	0,22	1,57	14,89	0,04
C. V. (%)	22,90	7,42	9,76	7,98

** significativo p<0,01 * significativo 0,01<p<0,05 ns: não significativo

Apêndice G. Quadrados médios, significâncias, médias gerais e coeficientes de variação referente à massa hectolétrica (M. H.), massa de 100 grãos (M. 100 G) e produtividade de grãos (P. G.). Selvíria – MS, 2006.

Causas de variação	Q.M.		
	(M. H.)	(M. 100 G)	(P. G.)
Cultivares (C)	331,08 **	11,97 **	2350426,82 **
Épocas de aplicação (E)	16,04 ^{ns}	1,03 *	56600,54 ^{ns}
Fontes de N (F)	2,81 ^{ns}	0,17 ^{ns}	81896,94 ^{ns}
Doses de N (D)	2,58 ^{ns}	0,06 ^{ns}	7020874,59 **
Blocos	16,94 ^{ns}	0,58 *	853664,85 ^{ns}
C x E	4,00 ^{ns}	0,09 ^{ns}	277306,73 ^{ns}
C x F	6,66 ^{ns}	0,10 ^{ns}	149563,14 ^{ns}
C x D	9,94 ^{ns}	0,19 ^{ns}	160719,49 ^{ns}
E x F	15,83 ^{ns}	0,33 ^{ns}	840117,34 ^{ns}
E x D	10,41 ^{ns}	0,05 ^{ns}	15380,24 ^{ns}
F x D	17,41 ^{ns}	0,08 ^{ns}	72604,08 ^{ns}
C x E x F	13,79 ^{ns}	0,05 ^{ns}	112458,76 ^{ns}
C x E x D	19,48 ^{ns}	0,28 ^{ns}	42733,55 ^{ns}
C x F x D	13,38 ^{ns}	0,12 ^{ns}	41720,73 ^{ns}
E x F x D	10,17 ^{ns}	0,17 ^{ns}	51056,63 ^{ns}
C x E x F x D	11,86 ^{ns}	0,14 ^{ns}	51790,69 ^{ns}
Resíduo	12,16	0,17	292565,23
C. V. (%)	4,17	10,41	15,18

** significativo $p < 0,01$ * significativo $0,01 < p < 0,05$ ns: não significativo

Apêndice H. Quadrados médios, significâncias, médias gerais e coeficientes de variação referente à massa hectolétrica (M. H.), massa de 100 grãos (M. 100 G) e produtividade de grãos (P. G.). Selvíria – MS, 2007.

Causas de variação	Q.M.		
	(M. H.)	(M. 100 G)	(P. G.)
Cultivares (C)	2,99 ^{ns}	0,85 ^{**}	546355,84 ^{ns}
Épocas de aplicação (E)	3,74 ^{ns}	0,28 ^{ns}	506644,70 ^{ns}
Fontes de N (F)	30,01 ^{**}	0,12 ^{ns}	140012,14 ^{ns}
Doses de N (D)	61,76 ^{**}	1,62 ^{**}	20213310,93 ^{**}
Blocos	19,49 ^{ns}	0,24 ^{ns}	198724,45 ^{ns}
C x E	1,65 ^{ns}	0,00 ^{ns}	57072,50 ^{ns}
C x F	3,03 ^{ns}	0,05 ^{ns}	131054,79 ^{ns}
C x D	0,28 ^{ns}	0,14 ^{ns}	103987,29 ^{ns}
E x F	3,21 ^{ns}	0,06 ^{ns}	309457,25 ^{ns}
E x D	1,64 ^{ns}	0,11 ^{ns}	200175,03 ^{ns}
F x D	9,12 ^{ns}	0,18 ^{ns}	304937,03 ^{ns}
C x E x F	8,30 ^{ns}	0,32 ^{ns}	158758,65 ^{ns}
C x E x D	11,90 ^{ns}	0,21 ^{ns}	14378,76 ^{ns}
C x F x D	4,88 ^{ns}	0,15 ^{ns}	260824,31 ^{ns}
E x F x D	3,28 ^{ns}	0,14 ^{ns}	43262,25 ^{ns}
C x E x F x D	7,11 ^{ns}	0,12 ^{ns}	204058,68 ^{ns}
Resíduo	3,17	0,09	186191,45
C. V. (%)	2,05	7,06	11,81

** significativo $p < 0,01$

* significativo $0,01 < p < 0,05$

ns: não significativo