

**MARCELO CURITIBA ESPINDULA**

**ADUBAÇÃO NITROGENADA E REDUTORES DE CRESCIMENTO NA CULTURA  
DO TRIGO**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa, como  
parte das exigências do Programa de  
Pós-Graduação em Fitotecnia, para  
obtenção do título de *Magister Scientiae*.

**VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2007**

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

E77a  
2007

Espindula, Marcelo Curitiba, 1981-  
Adubação nitrogenada e redutores de crescimento na  
cultura do trigo / Marcelo Curitiba Espindula. – Viçosa,  
MG, 2007.  
xi, 73f. : il. ; 29cm.

Inclui apêndice.  
Orientador: Valterley Soares Rocha.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de  
Viçosa.  
Inclui bibliografia.

1. Trigo - Adubos e fertilizantes. 2. Fertilizantes  
nitrogenados. 3. Plantas - Reguladores. 4. Trigo -  
Rendimento. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 633.11894

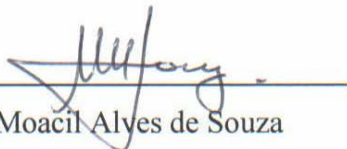
**“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”.**

MARCELO CURITIBA ESPINDULA

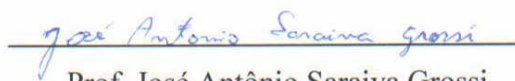
ADUBAÇÃO NITROGENADA E REDUTORES DE CRESCIMENTO NA CULTURA  
DO TRIGO

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa, como  
parte das exigências do Programa de  
Pós-Graduação em Fitotecnia, para  
obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 2 de março de 2007.



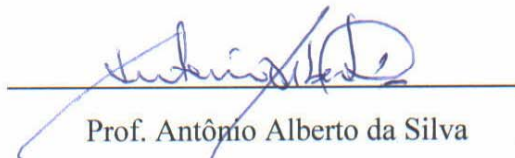
Prof. Moacil Alves de Souza  
(Co-Orientador)



Prof. José Antônio Saraiva Grossi  
(Co-Orientador)



Prof. Paulo Roberto Cecon



Prof. Antônio Alberto da Silva



Prof. Valterley Soares Rocha  
(Orientador)

**“Sonho que se sonha só, é só um sonho que se sonha só, mas sonho que se sonha junto é realidade”**

**(Raul Seixas)**

À memória de meu avô Amado Curitiba,  
que neste momento se encontra nos braços de nosso Senhor Jesus Cristo. Dedico.

## AGRADECIMENTOS

À Deus, Pai todo Poderoso!

Aos meus pais **Clério Simões Espíndula** e **Anilda Curitiba Espíndula**, aos meus irmãos **Cleyson Curitiba Espíndula** e **Enielton Curitiba Espíndula**.

À minha amada, **Marcela Campanharo**, por ter me apoiado e segurado as pontas durante os quatro anos e quatro meses de namoro; por ter participado ativamente da realização deste sonho; por estar ao meu lado em todos os momentos e por me entender sempre que possível.

Ao professor Valterley Soares Rocha pela orientação ensinamentos e acima de tudo por ser um orientador humano.

À Universidade Federal de Viçosa pela oportunidade de realizar o curso de Mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Leandro Torres de Sousa, pela amizade e por toda ajuda prestada, durante a coleta de dados de todos os experimentos.

Ao “Clã dos ‘Curitiba’”, por todo apoio financeiro, emocional e moral durante a caminhada de formação profissional que já passa dos 10 anos.

Aos meus futuros sogros, Paulino e Lourdes, cunhados, Eduardo e Alex e, as minhas concunhadas Patrícia e Kelly.

Aos amigos da pós-graduação: Camilo Busato, Cristiani Campos Martins, Márcio Dias, Leandro, João Batista, João Henrique, Heder Braun, Fabrício, Fernando, Adeliانو, Marcelo Reis, Marcos, Nelson, Flávio, Bruno Laviola, Carlos Eduardo, Welisson, Camila, Zoraia, Paula, Josy, Edmar, Leonardo, Cristiano, Aurélio, Rosy, Davi e Fabiano.

Aos professores da UFV: Moacil Alves de Souza, José Antônio Saraiva Grossi, Paulo Roberto Cecon, Sebastião Martins Filho pelas orientações na coleta, análises dos dados e confecção da dissertação.

Aos colegas e professores do CCAUFES.

Ao amigo e orientador, Prof. Harley Nonato de Oliveira, por ter acreditado, concedido uma chance e me iniciado no meio científico.

Aos professores Dirceu Pratisoli e José Cola Zanuncio pelos ensinamentos e orientação dos meus primeiros passos no meio científico.

Aos funcionários da UFV: Domingos, Itamar, Mara, Rita, Facão, Gino, Fagundes, José Martins, Prefeito, José Roberto e Luís.

Aos amigos de minha cidade São Domingos do Norte – ES.

Aos colegas Adérico, Raul, Alexandra, Rauzinho, Geraldo de Castro (Geraldinho), Giovanni, Ademar, Diego, Adriana, Diogo, Juliana, Rodrigo, Bel, Mara, Diogo Zorzaneli, Jander, Robson, Brito, Penha, Rosane, Arildisson, Denilso, Roberto, Molino, Marcos (Cabeça), Vitor, Edílson, Patrik, José Luís, Gilberto, Éder Pin, Gilmar e Gean Carlos.

Ao professor Jéferson Zagonel e à Eliana Fernandes, por terem cedido material bibliográfico importante para a confecção desta dissertação.

## **BIOGRAFIA**

MARCELO CURITIBA ESPINDULA, filho de Anilda Curitiba Espíndula e Clério Simões Espíndula, nasceu na cidade de Colatina, Espírito Santo, Brasil, no dia 08 de outubro de 1981.

Em 1995 concluiu a 8ª série do 1º grau na “Escola de Primeiro e Segundo grau São Domingos” em São Domingos do Norte – ES.

Em 1998 concluiu o 2º grau na “Escola Agrotécnica Federal de Colatina”, Colatina – ES, onde também obteve o título de Técnico em Agropecuária.

Em setembro de 1999 ingressou na Universidade Federal do Espírito Santo, graduando-se em Engenharia Agrônômica em maio de 2004.

Em março de 2005, iniciou o curso de Mestrado em Fitotecnia, na Universidade Federal de Viçosa, vindo a defender dissertação em março de 2007.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	x
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
OBJETIVO GERAL.....	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
Experimento 1.....	2
Experimento 2.....	2
Experimento 3.....	2
REFERÊNCIAS.....	3
<b>DOSES E FORMAS DE APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO NA CULTURA DO TRIGO</b>	<b>4</b>
RESUMO.....	5
ABSTRACT.....	5
INTRODUÇÃO.....	6
MATERIAL E MÉTODOS.....	7
RESULTADOS.....	9
DISCUSSÃO.....	10
CONCLUSÕES.....	14
AGRADECIMENTOS.....	14
REFERÊNCIAS.....	14
<b>UTILIZAÇÃO DE REDUTORES DE CRESCIMENTO NA CULTURA DO TRIGO</b>	<b>21</b>
RESUMO.....	22
ABSTRACT.....	22
INTRODUÇÃO.....	23
MATERIAL E MÉTODOS.....	25
RESULTADOS.....	26
DISCUSSÃO.....	28
CONCLUSÕES.....	32
AGRADECIMENTOS.....	32
REFERÊNCIAS.....	32

<b>DOSES DE NITROGÊNIO E DO REDUTOR DE CRESCIMENTO TRINEXAPAC-ETIL NA CULTURA DO TRIGO.....</b>	<b>42</b>
RESUMO.....	43
ABSTRACT.....	43
INTRODUÇÃO.....	44
MATERIAL E MÉTODOS.....	45
RESULTADOS.....	47
DISCUSSÃO.....	48
CONCLUSÕES.....	52
AGRADECIMENTOS.....	52
REFERÊNCIAS.....	52
CONCLUSÕES GERAIS.....	66
APÊNDICE.....	67

## RESUMO

ESPINDULA, Marcelo Curitiba, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2007.

**Adubação nitrogenada e redutores de crescimento na cultura do trigo.** Orientador: Valterley Soares Rocha. Co-orientadores: José Antônio Saraiva Grossi e Moacil Alves de Souza.

O objetivo desta pesquisa foi estudar os efeitos da adubação nitrogenada e de redutores de crescimento na cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.). O estudo foi conduzido na Estação Experimental Prof. Diogo Alves de Mello, da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG (20°45' S e 42°51' W e altitude de 650 metros), nos anos de 2005 e 2006. Foram realizados três experimentos, no delineamento de blocos casualizados com quatro repetições. No primeiro, duas cultivares de trigo (BRS 210 e Pioneiro) foram submetidas a duas formas de aplicação de N (dose total aplicada por ocasião da semeadura ou 20 kg ha<sup>-1</sup> na semeadura mais o restante da dose em cobertura, no início do perfilhamento) e cinco doses de N (40, 60, 80, 100, 120 kg ha<sup>-1</sup>), constituindo um fatorial 2X2X5. Conclui-se que a cultivar Pioneiro apresenta maior potencial produtivo que a cultivar BRS 210, porém apresenta menor resistência ao acamamento; o parcelamento da adubação nitrogenada proporciona maior acamamento e não traz benefícios à produtividade dos grãos; as doses de N promovem resposta quadrática da produtividade dos grãos, com ponto de máxima estimado na dose de 96,8 kg ha<sup>-1</sup> e, aumento linear do acamamento de plantas da cultivar Pioneiro. O segundo experimento, conduzido com a cultivar Pioneiro, foi montado com fatores em esquema fatorial e hierárquico com uma testemunha. Os tratamentos foram três redutores de crescimento (clorquet, trinexapac-etil e paclobutrazol) combinados com três doses (500, 1000 e 1500 g ha<sup>-1</sup> de clorquet; 62,5, 125 e 187,5 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-etil e 40, 80 e 120 g ha<sup>-1</sup> de paclobutrazol) e duas épocas de aplicação (Época 1= estágio 6 ou Época 2= estágio 8 da escala Feeks e Large), mais um tratamento testemunha que não recebeu aplicação de redutor. Não houve acamamento de plantas em nenhum dos tratamentos estudados. Conclui-se que o trinexapac-etil e o clorquet são eficientes em reduzir a estatura das plantas de trigo; o paclobutrazol não é eficiente em reduzir a estatura das plantas; a ação dos redutores clorquet e paclobutrazol sobre a altura de plantas independe da época de aplicação; o trinexapac-etil aplicado na época em que as plantas encontram-se no estágio 8 promove efeitos mais acentuados, do que quando aplicado no estágio 6 da referida escala; o aumento das doses dos redutores promove menor estatura das plantas; as doses de clorquet e paclobutrazol não afetam a produtividade dos grãos; as maiores doses de trinexapac-etil promovem redução na produtividade. O terceiro experimento foi conduzido seguindo um fatorial 5X4, constituído pela combinação de cinco doses de nitrogênio (30, 60, 90, 120, 150

kg ha<sup>-1</sup>) com quatro doses do redutor de crescimento trinexapac-etil (0, 62,5, 125, 187,5 g ha<sup>-1</sup>). O acamamento e a altura das plantas aumentaram linearmente com o incremento das doses de nitrogênio e com redução das doses de trinexapac-etil. A produtividade dos grãos decresceu com o aumento das doses de trinexapac-etil, nos tratamentos com 30 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, respondeu de forma quadrática nos tratamentos com 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N e aumentou de forma linear na dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N. O aumento das doses de N promoveu respostas quadráticas da produtividade dos grãos, nas doses de 0; 62,5, 125g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-etil e aumento linear na dose de 187,5 g ha<sup>-1</sup> do redutor. Conclui-se que a aplicação de 0; 62,5; 125 e 187,5 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-etil permite utilizar as doses de 83,46; 92,21; 100,95 e 150 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente, e que a dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N sem aplicação de trinexapac-etil promove a maior produtividade dos grãos.

## ABSTRACT

ESPINDULA, Marcelo Curitiba, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, March 2007.  
**Nitrogen fertilization and growth retardants in wheat.** Adviser: Valterley Soares Rocha. Co-Advisers: José Antônio Saraiva Grossi and Moacil Alves de Souza.

The objective of this work was to study the effects of nitrogen fertilization and growth retardants on wheat (*Triticum aestivum* L.) crop. The study was conducted at the Experimental Station Prof. Diogo Alves de Mello, Federal University of Viçosa, Viçosa-MG (20°45 ' S; 42°51 ' W; 650-m altitude), in 2005 and 2006. Three experiments were carried out in a randomized block design with four repetitions. In the first experiment, two wheat cultivars (BRS 210 and Pioneiro) were fertilized by two methods of N application (total dose applied at seed sowing or 20 kg ha<sup>-1</sup> at sowing and the remaining as topdressing in the beginning of tillering), and five N doses (40, 60, 80, 100, 120 kg ha<sup>-1</sup>) in a 2X2X5 factorial design. The results showed that the cultivar Pioneiro had higher productive potential than cultivar BRS 210, however with lower lodging resistance; splitting nitrogen fertilization increased lodging and brought no benefit to grain yield; grain yield response to N doses was quadratic, reaching maximum at 96.8 kg ha<sup>-1</sup>, and produced linear increase in lodging of cultivar Pioneiro. The second experiment, with the cultivar Pioneiro, had factors arranged in factorial and hierarchical design with a control treatment. The treatments consisted of three growth retardants (chlormequat, trinexapac-ethyl and paclobutrazol) combined in three doses (500, 1000 and 1500 g ha<sup>-1</sup> of chlormequat; 62.5, 125 and 187.5 g ha<sup>-1</sup> of trinexapac-ethyl and 40, 80 and 120 g ha<sup>-1</sup> of paclobutrazol) with two application times (Time 1 = growth stage 6 or Time 2 = growth stage 8 of Feeks and Large scale), and a control treatment lacking retardant application. There was no occurrence of lodging in any of the studied treatments. It was concluded that trinexapac-ethyl and chlormequat were efficient in reducing wheat plant height; paclobutrazol was not efficient in reducing plant height; chlormequat and paclobutrazol effect on plant height was independent of application time; trinexapac-ethyl applied at growth stage 8 produced more marked effects than when applied at the stage 6 of the referred scale; the increase in retardant doses produced lower plant heights; chlormequat doses and paclobutrazol had no effect on grain yield; the largest trinexapac-ethyl doses reduced yield. The third experiment was arranged in a 5X4 factorial design, consisting of a combination of five nitrogen doses (30, 60, 90, 120, 150 kg ha<sup>-1</sup>) with four doses of the growth retardant trinexapac-ethyl (0, 62.5, 125, 187.5 g ha<sup>-1</sup>). Lodging and height of plants increased linearly with increase of nitrogen doses and with reduction of trinexapac-ethyl doses. Grain yield decreased with the increase of trinexapac-ethyl doses in the treatments with

30 and 60 kg ha<sup>-1</sup> N, gave quadratic response in the treatments with 90 and 120 kg ha<sup>-1</sup> N and had linear increase with 150 kg ha<sup>-1</sup> N. Increasing N doses produced quadratic responses of grain yield with 0, 62.5, and 125g ha<sup>-1</sup> of trinexapac-ethyl and linear increase with 187.5 g ha<sup>-1</sup>. The results led to the conclusion that the application of 0, 62.5, 125 and 187.5 g ha<sup>-1</sup> of trinexapac-ethyl allows the use of 83.46; 92.21; 100.95 and 150 kg ha<sup>-1</sup> of N, respectively, and that 60 kg ha<sup>-1</sup> N without trinexapac-ethyl produces the highest grain yield.

## INTRODUÇÃO GERAL

Com uma produção mundial de 608.638.000 toneladas, colhidas em 218.503.000 ha na safra 2004/2005 (Agrianual, 2005), o trigo é uma das mais importantes culturas, em termos de quantidade, para a nutrição humana e animal, fornecendo cerca de 20% da energia e 25 % dos requerimentos protéicos da população mundial (Lawlor e Mitchell, 2000).

No Brasil, o trigo é de grande importância para economia, devido ao elevado consumo de seus derivados, principalmente pão, macarrão e farinha (Carneiro *et al.*, 2005). No entanto, apesar da safra de 5.726.195 toneladas em 2004, a produção nacional desse grão não tem sido suficiente para atender a demanda, por isso, a importação brasileira tem atingido marcas históricas, como as 7.718.100 toneladas importadas em 1999. Isto coloca o Brasil entre os maiores importadores de trigo do mundo com participação de até 70% (em 1999, 2000 e 2001) do produto estrangeiro no total do consumo (Agrianual, 2005).

O principal desafio para triticultura nacional é tirar o país da incômoda posição de grande importador e levá-lo a auto-suficiência no abastecimento desse cereal. Para isso é necessário um trabalho conjunto entre entidades governamentais, órgãos de pesquisa, entidades privadas, cooperativas entre outros.

Dentre as principais contribuições das empresas ligadas à pesquisa, está a tropicalização do trigo que hoje é cultivado em pleno cerrado, onde se obtêm produto de qualidade comparável ao produto, considerado padrão de qualidade, e produtividade similar ao cereal francês (Agrianual, 2005). Para atingir essa realidade tem sido necessário o desenvolvimento de modernas técnicas de cultivo. Destacam-se entre elas, o emprego da irrigação por aspersão, colheita mecânica, genótipos de trigo com porte baixo - resistentes ao acamamento, com palha forte e responsivos às adubações, principalmente à adubação nitrogenada (Mistro e Camargo, 2002).

A utilização de fertilização nitrogenada tem sido fundamental para o aumento da produtividade e da qualidade dos grãos. Por ser o nutriente mais absorvido e o mais exportado pelas plantas, o N deve ser repostado (Silva *et al.*, 2000). No entanto, a eficiência e, ou a resposta dos genótipos de trigo ao nitrogênio aplicado, em relação à produtividade de grãos, depende da disponibilidade de água, da dose de N aplicada, do genótipo, da cultura anterior, do tipo de solo, entre outros fatores (Freitas *et al.*, 1995). Mas, quando todos esses fatores são favoráveis, pode surgir ainda um outro problema que é o acamamento das plantas.

O acamamento, decorrente principalmente do desbalanço de nutrientes (suplemento excessivo de nitrogênio), pode promover decréscimo da fotossíntese, redução na assimilação e translocação de carboidratos e minerais, aumento da intensidade de doenças e redução na

eficiência da colheita (Rodrigues *et al.*, 2003) ocasionando, conseqüentemente, redução no rendimento de grãos. No sentido de contornar esse problema, a utilização de redutores de crescimento, que reduzem a estatura da planta e aumentam a resistência ao acamamento tem permitido, em alguns casos, o uso de adubação nitrogenada mais elevada e, conseqüentemente, maior exploração da capacidade produtiva da planta (Rodrigues e Vargas, 2002).

## **OBJETIVO GERAL**

Estudar os efeitos da adubação nitrogenada e de redutores de crescimento sobre a cultura do trigo.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Para se atingir o objetivo geral deste estudo foram executados três trabalhos experimentais.

### **Experimento 1**

Avaliar o efeito de doses e formas de aplicação de nitrogênio, sobre o desempenho produtivo das cultivares de trigo BRS 210 e Pioneiro.

### **Experimento 2**

Avaliar o efeito de doses e épocas de aplicação de três redutores de crescimento sobre a cultura de trigo, cultivar Pioneiro.

### **Experimento 3**

Avaliar a resposta do trigo, cultivar Pioneiro, às doses de nitrogênio e do redutor de crescimento trinexapac-etil.

## REFERÊNCIAS

- AGRIANUAL 2005. **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: Agros comunicação/FNP Consultoria e Agroinformativos, p.503-512, 2005.
- CARNEIRO, L.M.T.A.; BIAGI, J.D.; FREITAS, J.G.; CARNEIRO, M.C.; FELÍCIO, J.C. Diferentes épocas de colheita, secagem e armazenamento na qualidade de grãos de trigo comum e duro. **Bragantia**, v.64, n.1, p.127-137, 2005.
- 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 de Ciência do Solo**, v.19, p.229-234, 1995.
- LAWLOR, D.J. e MITCHELL, R.A.C. Crop ecosystem responses to climatic change: Wheat. In: REDDY, K.R.; HODGES, H.F. **Climate change and global crop productivity**. UK: CAB International, p.57-80, 2000.
- MISTRO, J.C. e CAMARGO, C.E.O. Avaliação da produção de grãos e características agronômicas em genótipos de trigo, em 1999 e 2000. **Bragantia**, v.61, n.1, p.35-42, 2002.
- RODRIGUES, O.; DIDONET, A.D.; TEIXEIRA, M.C.C.; ROMAN, E.S. **Redutores de crescimento**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003. 18p html. (Embrapa Trigo. Circular Técnica On-line; 14) Disponível: [http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/ci/p\\_ci14.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/ci/p_ci14.htm). Acessado em 22 de abril de 2005.
- RODRIGUES, O. e VARGAS, R. **Efeito de redutor de crescimento cycocel e de altas doses de adubação nitrogenada em trigo**. Passo Fundo: Embrapa trigo. 2002. 23p. html (Embrapa Trigo. Boletim de Pesquisa e desenvolvimento On-line, 7.). Disponível: [http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p\\_bp07.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_bp07.htm). Acessado em 22 de abril de 2005.
- SILVA, T.R.B.; SORATTO, R.P.; CHIDI, S.N.; ARF, O.; SÁ, M.E.; BUZETTI, S. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do feijoeiro de inverno. **Cultura agrônômica**, v.9, p.1-17, 2000.

## **CAPÍTULO I**

---

### **DOSES E FORMAS DE APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO NA CULTURA DO TRIGO**

## DOSES E FORMAS DE APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO NA CULTURA DO TRIGO

**RESUMO** – Objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito de doses e formas de aplicação de nitrogênio sobre o desempenho produtivo de duas cultivares de trigo. O experimento, conduzido em Viçosa-MG de maio a setembro de 2005, foi montado segundo um esquema fatorial 2X2X5 no delineamento de blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos foram: duas cultivares de trigo, BRS 210 e Pioneiro, combinadas com duas formas de aplicação de adubo nitrogenado: dose total aplicada por ocasião da semeadura ou 20 kg ha<sup>-1</sup> na semeadura e o restante em cobertura no início da fase de perfilhamento, e cinco doses de nitrogênio (40, 60, 80, 100, 120 kg ha<sup>-1</sup>) tendo como fonte o sulfato de amônio. A cultivar Pioneiro apresenta maior potencial produtivo que a cultivar BRS 210, mas é menos resistente ao acamamento. O parcelamento da adubação nitrogenada proporciona maior acamamento e não traz benefícios à produtividade dos grãos. As doses de N promovem resposta quadrática da produtividade dos grãos, com ponto de máxima estimado na dose de 96,8 kg ha<sup>-1</sup> e, aumento linear do acamamento de plantas da cultivar Pioneiro.

**Termos para indexação:** *Triticum aestivum*, Adubação nitrogenada, acamamento, produtividade.

## NITROGEN APPLICATION METHODS AND DOSES IN WHEAT

**ABSTRACT** – This work aimed at evaluating the effect of doses and methods of nitrogen application on the yield performance of two wheat cultivars. The experiment was conducted in Viçosa-MG, from May to September 2005, and it was arranged in a 2X2X5 factorial, randomized block design with four repetitions. The treatments consisted of cultivars BRS 210 and Pioneiro combined with two nitrogen application methods: total dose applied at seed sowing or 20 kg ha<sup>-1</sup> at sowing and the remaining as topdressing in the beginning of tillering, and five N doses (40, 60, 80, 100, 120 kg ha<sup>-1</sup>) with ammonium sulfate as N source. Cultivar Pioneiro showed higher yield potential than cultivar BRS 210, however less resistance to lodging. Splitting nitrogen fertilization increased lodging and brought no benefit to grain yield. Grain yield response to N doses was quadratic, reaching maximum at 96.8 kg ha<sup>-1</sup>, and produced linear increase in lodging for cultivar Pioneiro.

**Keywords:** *Triticum aestivum*, nitrogen fertilization, lodging, yield.

## INTRODUÇÃO

O nitrogênio é, provavelmente, o segundo maior fator limitante da produção agrícola perdendo apenas para a deficiência hídrica (Date, 2000; Graham e Vance 2000). É constituinte de proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucleicos, fitocromos e da clorofila (Cantarella, 1993). Além disso, afeta as taxas de iniciação e expansão foliar, o tamanho final e a intensidade de senescência das folhas (Schröder *et al.*, 2000).

A variabilidade das condições edafoclimáticas e de manejo cultural, associada aos múltiplos processos que interferem na complexa dinâmica do N no solo (lixiviação, volatilização, imobilização-mobilização, nitrificação, desnitrificação e mineralização) e na sua relação com a planta, podem ocasionar grandes modificações na disponibilidade e na necessidade deste nutriente durante a ontogenia da planta (Rambo *et al.*, 2004).

A quantidade de nitrogênio utilizada pela planta varia durante o ciclo de desenvolvimento em função da quantidade de raízes e da taxa de absorção por unidade de massa de raiz. Normalmente essa quantidade aumenta progressivamente durante o período de crescimento vegetativo, atinge o máximo durante os estádios reprodutivos e decresce na fase de enchimento dos grãos (Cregan e Berkum, 1984).

As gramíneas, como o trigo (*Triticum aestivum* L.), por não se beneficiarem da fixação biológica de nitrogênio, na mesma proporção que outras plantas como as da família das leguminosas, precisam obter praticamente todo o seu N do solo e dos fertilizantes. Por isso, é necessário estabelecer a relação entre o N disponível e o aplicado com o rendimento do trigo (Pöttker e Roman, 1998).

Diversos trabalhos foram realizados acerca da época certa da aplicação de N para adequá-la à absorção e utilização de N durante o ciclo da cultura do trigo. Muitos desses estudos indicam que o parcelamento da adubação nitrogenada resulta em maior recuperação do nutriente pela cultura, maior índice de colheita e maior produtividade quando comparados com aplicação única. Por outro lado, existem resultados que contradizem os efeitos vantajosos do parcelamento. O efeito de formas de parcelamento da adubação nitrogenada, sobre as características fitotécnicas da cultivar de trigo EMBRAPA-22, foi estudado por Coelho *et al.* (1998), tendo estes, encontrado que as características estudadas, com exceção da massa do hectolitro e do acamamento não são influenciadas pelas formas de parcelamento. Por isso, a proporção do parcelamento deve ser determinada em função do ambiente, do manejo, da cultivar, entre outros, de maneira a se obter recomendações específicas e não generalizadas.

A dose ideal do nitrogênio a ser aplicado em uma cultura depende de diversos fatores. Freitas *et al.* (1995) encontraram aumentos na produtividade de grãos nas cultivares de trigo

IAC 60, IAC 161, IAC 162, quando as doses variaram de zero até 120 kg ha<sup>-1</sup>. Entretanto, Silva (1991), estudando as doses de 0, 20, 40, 80, 120 kg ha<sup>-1</sup> de N sobre a cultivar BR-12 Aruanã, não obteve ganho de rendimento de grãos, utilizando os espaçamentos de 0,17 m e 0,34 m no arranjo de linhas pareadas e ainda obteve resposta negativa quando utilizou o espaçamento de 0,17 m.

Para as condições do Brasil Central, a adubação nitrogenada em trigo é realizada em duas etapas: por ocasião da semeadura e no início do estágio de perfilhamento, antes do início do processo de diferenciação floral. Esta prática é realizada cerca de 15 dias após a emergência das plântulas. Tanto para trigo de sequeiro quanto para o irrigado, recomenda-se aplicar 20 kg ha<sup>-1</sup> de N, por ocasião da semeadura. Para o trigo irrigado cujo potencial de produção é mais elevado, indica-se dose maior em cobertura, respeitando-se as características das cultivares, em relação ao acamamento e às culturas anteriores. A adubação nitrogenada para as cultivares ‘BRS 207’ e ‘BRS 210’ deve ser de até 100 kg ha<sup>-1</sup> de N, enquanto que para a ‘EMBRAPA 42’, ‘BRS 264’ e ‘Pioneiro’ a dose é de até 80 kg ha<sup>-1</sup> de N e ‘EMBRAPA 22’ e ‘BRS 254’ de até 70 kg ha<sup>-1</sup> de N (Embrapa, 2005). Essa recomendação é ampla, mas, como a dinâmica de aplicação e utilização deste nutriente está em função das especificidades das condições de cultivo, a adoção dessas recomendações deve ser feita com precaução.

Objetivou-se com esta pesquisa avaliar o efeito de doses e formas de aplicação de nitrogênio, sobre o desempenho produtivo de duas cultivares de trigo.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido na Estação Experimental Diogo Alves de Mello, da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG (20°45’ S e 42°51’ W e altitude de 650 metros), no período de maio a setembro de 2005. Dados diários de temperatura máxima, média, mínima, precipitação pluvial, umidade relativa do ar durante todo período do experimento, foram obtidos pela estação climatológica principal do Departamento de Engenharia Agrícola da referida universidade (Figura 1).

A área utilizada para implantação do experimento tem sido cultivada nos últimos anos com soja (verão) e trigo (inverno). O solo desta área é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo (Fase Terraço) (Embrapa, 2006) e, suas características químicas, determinadas na camada de 0 a 20 cm, são apresentadas na Tabela 1.

O experimento foi conduzido segundo um esquema fatorial 2X2X5 no delineamento de blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de duas cultivares de trigo, BRS 210 e Pioneiro, com duas formas de aplicação de adubo nitrogenado: dose total aplicada por ocasião da semeadura ou 20 kg ha<sup>-1</sup> na semeadura

e o restante em cobertura no início da fase de perfilhamento, utilizando-se cinco doses de nitrogênio (40, 60, 80, 100, 120 kg ha<sup>-1</sup>). Cada parcela foi formada por sete linhas com 5 m de comprimento espaçadas entre si em 0,184 m. A área útil da parcela, 2,208 m<sup>2</sup>, foi constituída pelas três linhas centrais, sendo eliminado meio 0,5 m em ambas as extremidades das linhas.

O preparo do solo foi realizado por meio de uma aração e duas gradagens. Na semeadura utilizou-se a dose de 250 kg ha<sup>-1</sup> do formulado comercial 08-28-16. A semeadura, realizada com auxílio de semeadora própria para parcelas experimentais, foi efetuada no dia 19 de maio de 2005. Para os tratamentos com dose de nitrogênio total aplicada na semeadura, foi realizado complemento da adubação usando como fonte, o sulfato de amônio. A adubação de cobertura, para os tratamentos que requereram, foi realizada aos 15 dias após a emergência (08 de junho de 2005), utilizando-se sulfato de amônio como fonte de N. A colheita foi realizada no dia 21 de setembro de 2005.

O acamamento de plantas foi determinado por meio da medição direta da área acamada dentro da parcela útil e transformação para percentagem. A altura de plantas foi obtida pela avaliação de quinze plantas ao acaso, por parcela, medindo-se do coleto até o ápice da espiga e excluindo-se as aristas. O comprimento do pedúnculo, comprimento entre o último nó e a base da espiga, e diâmetro do pedúnculo, determinado a cinco cm de altura a partir do último nó, foram avaliados em 100 plantas colhidas em seqüência na fileira central da parcela. A massa de mil grãos foi determinada segundo Brasil (1992) e a massa do hectolitro utilizando balança apropriada, a partir dos grãos colhidos das plantas da parcela útil. O Número de espigas m<sup>-2</sup> foi determinado pela contagem direta, em três segmentos de 1 m de fileira, tomados ao acaso na parcela útil. O Número de grãos espiga<sup>-1</sup>, a massa seca da parte aérea, e o índice de colheita (razão entre a produtividade de grãos e a massa seca da parte aérea), foram determinados em 100 plantas colhidas em seqüência na fileira central da parcela. A produtividade de grãos, com umidade corrigida para 13%, foi determinada a partir dos grãos colhidos das plantas da parcela útil e transformação para kg ha<sup>-1</sup>.

Para análise estatística utilizou-se o programa SAEG 8.0 (Funarbe, 2000). Os dados foram submetidos à análise de variância e, sendo detectados diferenças, aplicaram-se o teste Tukey a 5% de probabilidade, para as comparações entre médias e, para as comparações entre doses, aplicaram-se análises de regressão sendo os modelos matemáticos escolhidos segundo as equações com melhores ajustes, confirmados pelos maiores valores dos coeficientes de determinação ( $r^2/R^2$ ) e pela significância dos coeficientes de regressão ( $\beta_i$ ) e do teste F da regressão, ambos a até 5% de probabilidade, bem como pelo fenômeno biológico. As significâncias dos coeficientes de regressão ( $\beta_i$ ) foram apresentadas na equação admitindo-se \* e \*\* como significativos a 1 e 5% respectivamente.

## RESULTADOS

A cultivar BRS 210 não apresentou acamamento em nenhuma das formas de aplicação e doses de nitrogênio. Por outro lado, a cultivar Pioneiro apresentou acamamento superior a BRS 210 na aplicação parcelada e nas doses de 100 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N. Além disso, a aplicação parcelada promoveu, para a cultivar Pioneiro, maior acamamento em relação à aplicação em dose única (Tabela 2). As doses de N influenciaram, de forma não linear, o acamamento das plantas de trigo da cultivar Pioneiro (Figura 2).

As características altura de plantas, comprimento de pedúnculo e diâmetro de pedúnculo da cultivar Pioneiro foram superiores as da cultivar BRS 210. Para as formas de aplicação, não houve diferenças para as características, altura de plantas e comprimento de pedúnculo, mas, o diâmetro do pedúnculo das plantas que receberam aplicação de N em dose única foi superior ao das plantas que receberam dose parcelada (Tabela 3).

As doses de N promoveram acréscimos lineares nas características altura de plantas, comprimento do pedúnculo e diâmetro do pedúnculo (Figura 2).

Para a característica massa de mil grãos, a cultivar BRS 210 superou a Pioneiro em ambas as formas de aplicação do fertilizante nitrogenado. A aplicação em dose única promoveu maior massa de mil grãos na cultivar Pioneiro (Tabela 4).

A massa de mil grãos decresceu de forma linear em função do incremento das doses de N (Figura 2).

A massa do hectolitro e o número de espigas m<sup>-2</sup> da cultivar BRS 210 foram maiores que as da Pioneiro. Por outro lado, esta última superou a primeira nas características número de grãos espiga<sup>-1</sup>. A aplicação em forma única proporcionou maior número de grãos espiga<sup>-1</sup> que a aplicação parcelada. A massa do hectolitro e o número de espigas m<sup>-2</sup> não foram influenciados pelas formas de aplicação do adubo nitrogenado (Tabela 3). Todavia, o número de grãos espiga<sup>-1</sup>, número de espigas m<sup>-2</sup> e a massa seca da parte aérea das plantas de trigo aumentaram linearmente em consequência do aumento das doses de N (Figura 3).

A produtividade de grãos e o índice de colheita das plantas de trigo da cultivar Pioneiro foram maiores que as da cultivar BRS 210. Não foram observadas diferenças entre as épocas de aplicação para estas características (Tabela 3).

A produtividade de grãos das plantas de trigo apresentou comportamento quadrático em função das doses de N. A produtividade máxima estimada de 5.032 kg ha<sup>-1</sup> foi obtida com a dose de 96,8 kg ha<sup>-1</sup> de N (Figura 3).

## DISCUSSÃO

Os resultados de acamamento encontrados para a cultivar BRS 210 confirmam a indicação de moderada resistência dessa cultivar ao acamamento (Embrapa, 2005). A baixa estatura do BRS 210, menor que a Pioneiro, e maior resistência do colmo (Tabela 3) são características que permitem maior resistência ao acamamento.

Os níveis de acamamento das plantas da cultivar Pioneiro, observados nas doses de 100 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, indicam susceptibilidade desta cultivar ao aumento das doses de N. Resultados semelhantes foram encontrados para a cultivar BR 12-Aruanã em Planaltina-DF, com valores de 10 e 20% de acamamento nas doses de 80 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente (Silva, 1991). Para plantas de trigo, a susceptibilidade ao acamamento pode estar relacionada ao excessivo crescimento vegetativo, provocado por desbalanço nutricional; baixa resistência do colmo; massa das espigas e fatores climáticos desfavoráveis, entre outros. No primeiro caso, Marschner (1995) afirma que o aumento dos níveis de N, em cereais, deve ser acompanhado de aumentos dos níveis de potássio, para garantir resistência aos vasos condutores e demais estruturas do colmo. No entanto, acredita-se que o potássio não tenha sido o determinante para ocorrência do acamamento nesta pesquisa, uma vez que o solo já continha quantidades suficientes deste nutriente (Tabela 1) e foi aplicada quantidade adicional na sementeira. Isto indica que o acamamento observado, presumivelmente, foi provocado pela moderada resistência do colmo, combinada com a massa das espigas, uma vez que esta cultivar apresentou considerável rendimento de grãos em resposta aos níveis de N aplicados (Figura 3). Devem ainda ser considerados os inevitáveis efeitos das precipitações pluviais intensas, durante o período em que os grãos já representavam considerável massa nas espigas (Figura 1).

O maior acamamento da cultivar Pioneiro, observado na aplicação parcelada, não corrobora os resultados obtidos por Coelho *et al.* (1998). Estes autores relataram que a aplicação de 2/3 da dose de cobertura aos 20 dias e o restante aos 40 promovem menor acamamento da cultivar EMBRAPA - 22, em comparação à dose total aplicada aos 20 dias. No entanto, acredita-se que os resultados obtidos neste estudo podem ser justificados pelo fato de que plantas que recebem doses elevadas de nitrogênio em cobertura, podem promover enchimento de grãos excessivo e incompatível com a estrutura caulinar formada durante o desenvolvimento inicial da planta.

O aumento do acamamento de plantas, em função das doses de N, sugere que o acamamento observado na cultivar Pioneiro é agravado com o aumento das doses de N. Aumentos nos índices de acamamento, em função do incremento das doses de N, também

foram observados em aveia-preta (*Avena strigosa*, Schreber) quando se aplicaram 0, 20, 30, 40, 50 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de N (Nakagawa *et al.*, 2000). Isso evidencia o problema comum às gramíneas de inverno cultivadas, podendo ser necessária à utilização de algum fitorregulador capaz de reduzir a estatura e conferir resistência ao colmo destas plantas quando forem aplicadas doses mais elevadas de N.

A altura de plantas, comprimento e diâmetro de pedúnculo são particularidades de cada cultivar e isso explica as diferenças encontradas. O maior valor encontrado para altura de plantas da cultivar Pioneiro, é refletido no maior comprimento do pedúnculo. A maior altura das plantas da cultivar Pioneiro, presumivelmente, esta associada a seu maior índice de acamamento.

A similaridade dos resultados de altura de plantas e comprimento de pedúnculo, observada entre as formas de aplicação (Tabela 3), sugere que estas características não são afetadas pelo parcelamento proposto. Resultados não significativos também foram obtidos para altura de plantas da cultivar EMBRAPA-22, submetidas a formas de parcelamento do N (Coelho *et al.*, 1998). O maior diâmetro do pedúnculo, quando se aplicou o N em dose única (Tabela 3), pode estar relacionado com a maior disponibilidade de nitrogênio no momento do início da formação desta estrutura.

O aumento linear da altura de plantas, em função das doses de N, difere dos relatados para trigo cultivar BR 12-Aruanã (Silva, 1991) e EMBRAPA-22 (Coelho *et al.*, 1998), onde não foram observados efeitos significativos de doses de N sobre a altura de plantas. No entanto, os resultados encontrados nesta pesquisa estão de acordo com o comportamento esperado para esta cultura, uma vez que, segundo Marschner (1995), o aumento no suprimento de N estimula a alongação do caule em cereais.

Os aumentos no comprimento do pedúnculo também podem ser explicados pelo aumento da alongação do caule provocado pela maior disponibilidade de nitrogênio conforme sugere Marschner (1995). Porém, este incremento não é favorável do ponto de vista agrônomico, quando o foco do estudo for o acamamento de plantas, uma vez que este maior comprimento do pedúnculo vem, geralmente, acompanhado de maior predisposição ao referido fenômeno.

O incremento do diâmetro de pedúnculo, em função das doses de N, possivelmente, está relacionado ao estímulo ao desenvolvimento vegetativo promovido pelo suprimento de N. Acredita-se que o maior diâmetro do caule possa ser positivo para o incremento da produtividade dos grãos, uma vez que no colmo ocorre armazenamento de assimilados que podem ser translocados no momento do enchimento dos grãos.

As diferenças nos valores de massa de mil grãos observadas entre as cultivares (Tabela 4), podem ser atribuídas à fatores genéticos. Diferenças entre cultivares, para esta característica, também foram encontradas por Freitas *et al.* (1995).

A menor massa de mil grãos, observada na aplicação parcelada, para a cultivar Pioneiro, pode estar relacionada com o maior índice de acamamento encontrado nesta forma de aplicação. Isso, porque ao acamarem, as plantas têm o enchimento de grãos prejudicado além de que, quando o acamamento ocorre no estágio de maturação fisiológica dos grãos, estes iniciam o processo de germinação na espiga, aumentando a respiração e diminuindo sua massa.

Para os efeitos das doses de N, decréscimo linear nos valores de massa de mil grãos também foi observado na cultivar de trigo BR 12-Aruanã quando se aplicaram as doses de 0, 20, 40, 80, 120 kg ha<sup>-1</sup> de N (Silva, 1991). Este autor sugere que tal comportamento foi devido, principalmente, à elevada produção de massa vegetal promovida pelas doses crescentes de N, causando auto-sombreamento e comprometendo a eficiência fotossintética das plantas. Isto também pode ter ocorrido neste estudo, uma vez que a massa seca das plantas e o número de espigas m<sup>-2</sup>, aumentaram em função das doses de N.

A massa do hectolitro é uma medida que expressa a densidade dos grãos. Assim, os resultados obtidos, sugerem maior densidade dos grãos da cultivar BRS 210, que associada à maior massa de mil grãos desta cultivar indica que houve melhor enchimento de grãos.

As diferenças entre cultivares para a característica número de grãos espiga<sup>-1</sup> estão relacionadas ao potencial genético das cultivares. O maior número de grãos espigas<sup>-1</sup> da cultivar Pioneiro foi, provavelmente, a característica que mais influenciou nas diferenças de produtividade entre as cultivares, uma vez que a massa de mil grãos, massa do hectolitro e o número de espiga m<sup>-2</sup> da cultivar BRS 210 foram superiores as da cultivar Pioneiro. Estes resultados confirmam a indicação de que o número de grãos espiga<sup>-1</sup> constitui um dos componentes de produção que mais se associa com a produção de grãos (Souza, 1985).

O maior número de grãos espiga<sup>-1</sup>, encontrado quando se aplicou a dose total de N na semeadura, difere do relatado por Coelho *et al.* (1998), que não observaram diferenças entre as formas de aplicação deste nutriente. No entanto, acredita-se que os resultados encontrados neste estudo possam ser explicados pela melhor condição nutricional, resultante da maior disponibilidade de N, para as plantas no momento da diferenciação da gema vegetativa em reprodutiva. O aumento do número de grãos espiga<sup>-1</sup>, em função das doses de N, difere do relatado em aveia-preta (Nakagawa *et al.*, 2000), onde não houve diferenças significativas entre as doses estudadas para a característica número de sementes por panícula do colmo

principal. Mas, Buzetti *et al.* (2006) trabalhando com arroz, encontraram aumentos lineares para a característica número de espiguetas panícula<sup>-1</sup>.

O maior número de espigas m<sup>-2</sup> da cultivar BRS 210, presumivelmente, pode ser devido às características desta cultivar que apresentam folhas menores, mais eretas e menos prostradas o que pode ter proporcionado menor sombreamento e, conseqüentemente, menor índice de abortamento dos perfilhos. Para os efeitos das doses de N sobre o número de espigas m<sup>-2</sup>, Mauad *et al.* (2003) também encontraram incremento, em arroz, quando se aplicaram 0 e 75 kg ha<sup>-1</sup> de N. Assim, acredita-se que as maiores doses de N podem ter promovido maior vigor vegetativo, principalmente nas fases de perfilhamento e diferenciação do meristema reprodutivo, e isso pode ter culminado em maior valor para este componente de produção.

Para a massa seca da parte aérea, acréscimos nos valores, em função das doses de N, também foram encontrados na cultivar de trigo EMBRAPA-22, em dois anos de cultivo (Coelho *et al.*, 1998), com respostas quadráticas. Estes resultados são geralmente esperados para esta característica, uma vez que o nitrogênio contribui para o crescimento vegetativo das plantas, atuando nas taxas de iniciação e expansão foliar, no tamanho final das folhas (Schröder *et al.*, 2000) e alongamento do caule (Marschner, 1995).

O maior índice de colheita da cultivar Pioneiro (0,46) em relação à BRS 210 (0,45) sugere maior eficiência da cultivar Pioneiro para produção de grãos em relação à produção de partes vegetativas, o que é vantajoso tendo em vista que, na cultura do trigo, o produto colhido e comercializado é o grão.

As produtividades dos grãos, 4.672 e 4.985 kg ha<sup>-1</sup> para a cultivar BRS 210 e Pioneiro, respectivamente, são similares às relatadas na literatura para outras cultivares e condições (Silva, 1991; Freitas *et al.*, 1995; Fontes *et al.*, 2000; Coelho *et al.*, 2001). A diferença observada entre as cultivares evidencia o maior potencial produtivo da cultivar Pioneiro, confirmando as diferenças encontradas nos componentes de produção.

O comportamento quadrático da produtividade de plantas de trigo, em função das doses de N, corrobora os relatos de Coelho *et al.* (1998). Esta resposta pode ser devido à limitação genética da cultivar BRS 210 e ao acamamento das plantas da cultivar Pioneiro, uma vez que, ao acamarem precocemente ocorre prejuízo no enchimento de grãos, devido ao bloqueio dos fluxos dos vasos condutores e às menores taxas fotossintéticas da planta. É importante destacar que a redução na produtividade poderia ter sido mais pronunciada se a colheita fosse mecanizada, na qual, as plantas acamadas não são colhidas.

A produtividade máxima dos grãos foi estimada com dose mais elevada que as utilizadas na cultivar EMBRAPA-22, em dois anos consecutivos (Coelho *et al.*, 1998), tendo estes autores, encontrado doses de 64 e 68,6 kg ha<sup>-1</sup> de N para produção estimada de 4.771 e

5.840 kg ha<sup>-1</sup> de grãos, respectivamente. No entanto, esta cultivar, juntamente com a cultivar EMBRAPA-42 tiveram produtividade máxima de 6.370 kg ha<sup>-1</sup> estimada na dose de 172,9 kg ha<sup>-1</sup> de N (Trindade *et al.*, 2006). Estes resultados reforçam os relatos da literatura de que as respostas de produtividade dos grãos ao aumento das doses de N, são influenciadas, entre outros fatores, pela cultivar, local e ano agrícola.

## CONCLUSÕES

- A cultivar Pioneiro apresenta maior potencial produtivo que a BRS 210, porém menor resistência ao acamamento.
- O parcelamento da adubação nitrogenada proporciona maior acamamento e não traz benefícios à produtividade dos grãos.
- As doses de N promovem resposta quadrática da produtividade dos grãos, com ponto de máxima, 5.032 kg ha<sup>-1</sup>, estimado na dose de 96,8 kg ha<sup>-1</sup>, e, aumento linear do acamamento de plantas da cultivar Pioneiro.

## AGRADECIMENTOS

Ao “Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico” (CNPq) e a “Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais” (FAPEMIG), pelas bolsas e auxílios concedidos.

## REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 1992. 365 p.
- BUZETTI, S.; BAZANINI, G.C.; FREITAS, J.G.; ANDREOTTI, M.; ARF, O; SÁ, E.; MEIRA, F.A. Resposta de cultivares de arroz a doses de nitrogênio e do regulador de crescimento cloreto de cloromequat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.12, p.1731-1737, 2006.
- CANTARELLA, H. Calagem e adubação do milho. In: BÜL, L.T.; CANTARELLA, H. (Eds). **Cultura do milho**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.147-198.

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 Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, p.555-561, 1998.

COELHO, M.A.O.; SEDIYAMA, T.; SOUZA, M.A.; RIBEIRO, A.C.; SEDIYAMA, C.S. Composição mineral e exportação de nutrientes pelos grãos do trigo irrigado e submetido a doses crescentes e parceladas de adubo nitrogenado. **Revista Ceres**, Viçosa, v.48, n.275, p.81-94, 2001.

CREGAN, P.B.; BERKUM, P. Genetics of nitrogen metabolism and physiological/biochemical selection for increased grain crop productivity. **Theoretical and Applied Genetics**, Heidelberg, v.67, p.97-111, 1984.

DATE, R.A. Inoculated legumes in cropping systems of the tropics. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.65, p.123-136, 2000.

EMBRAPA. Informações técnicas para a cultura de trigo na Região do Brasil Central: safra – 2005 e 2006. In. **Reunião da Comissão Centro Brasileira de Pesquisa de Trigo**. Goiânia-GO, 2004. (Documentos / Embrapa Arroz e feijão, ISSN 1516-7518; 173), 2005. 82p.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

FONTES, J.R.M.; CARDOSO, A.A.; SOUZA, M.A.; CRUZ, C.D. Relação do espaçamento e da densidade de semeadura com o rendimento de grãos e outras características agronômicas do trigo. **Revista Ceres**, Viçosa, v.47, n.269, p.61-73, 2000.

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 de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, p.229-234, 1995.

FUNARBE: **SAEG - Sistema para análises estatísticas versão 8.0**. Viçosa-MG. Fundação Arthur Bernardes, 2000.

GRAHAM, P.H. e VANCE, C.P. Nitrogen fixation in perspective: an overview of research and extension needs. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.65, p.93-106, 2000.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2 ed. London, New York: Academic Press, 1995. 889p.

MAUAD, M.; CRUSCIOL, C.A.C.; GRASSI FILHO, H.; CORRÊA, J.C. Nitrogen and silicon fertilization of upland rice. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.60, p.761-765, 2003.

NAKAGAWA, J.; CAVARINI, C.; MACHADO, J.R. Adubação nitrogenada no perfilhamento da aveia-preta em duas condições de fertilidade do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.6, p.1071-1080, 2000.

PÖTTKER, D. e ROMAN, E.S. Efeito do nitrogênio em trigo cultivado após diferentes sucessões de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, número especial, p.501-507, 1998.

RAMBO, L.; DA SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G.; SANGOI, L. Parâmetros de planta para aprimorar o manejo da adubação nitrogenada de cobertura em milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.5, p.1637-1645, 2004.

SCHRÖDER, J. J.; NEETESON, J. J.; OENEMA, O.; STRUIK, P.C. 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.

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

SOUZA, M.A. **Adaptabilidade, estabilidade, correlações e coeficiente de trilha em genótipos de trigo (*T. aestivum* L.) em doze ambientes de Minas Gerais**. Universidade Federal de Viçosa. Dissertação de Mestrado. 1985. 118p.

TRINDADE, M.G.; STONE, L.F. HEINEMANN, 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.

**Tabela 1.** Características químicas do solo do local do experimento. Viçosa-MG, 2005.

pH	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	SB	CTC(t)	CTC(T)	V	MO
H <sub>2</sub> O	mg dm <sup>-3</sup>		-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----							(%)	dag kg <sup>-1</sup>
5,60	11,47	115	1,89	0,28	0,0	3,11	2,46	2,46	5,57	44	1,5

pH (H<sub>2</sub>O-1:2,5); Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup>: extrator KCl 1 mol L<sup>-1</sup>; P e K; extrator Mehlich 1; H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>: extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> a pH 7,0.

**Tabela 2.** Valores médios do acamamento de plantas (%) de duas cultivares de trigo, em resposta a doses e formas de aplicação de nitrogênio. Viçosa-MG, 2005.

Forma de aplicação	Cultivar	
	BRS 210	Pioneiro
Única	0,00 Aa	3,84 Ab
Parcelada	0,00 Ba	18,91 Aa
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )		
40	0,00 A	0,00 A
60	0,00 A	2,81 A
80	0,00 A	4,48 A
100	0,00 B	22,83 A
120	0,00 B	26,87 A

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

**Tabela 3.** Valores médios de características avaliadas em duas cultivares de trigo em resposta a doses e formas de aplicação de nitrogênio. Viçosa-MG, 2005.

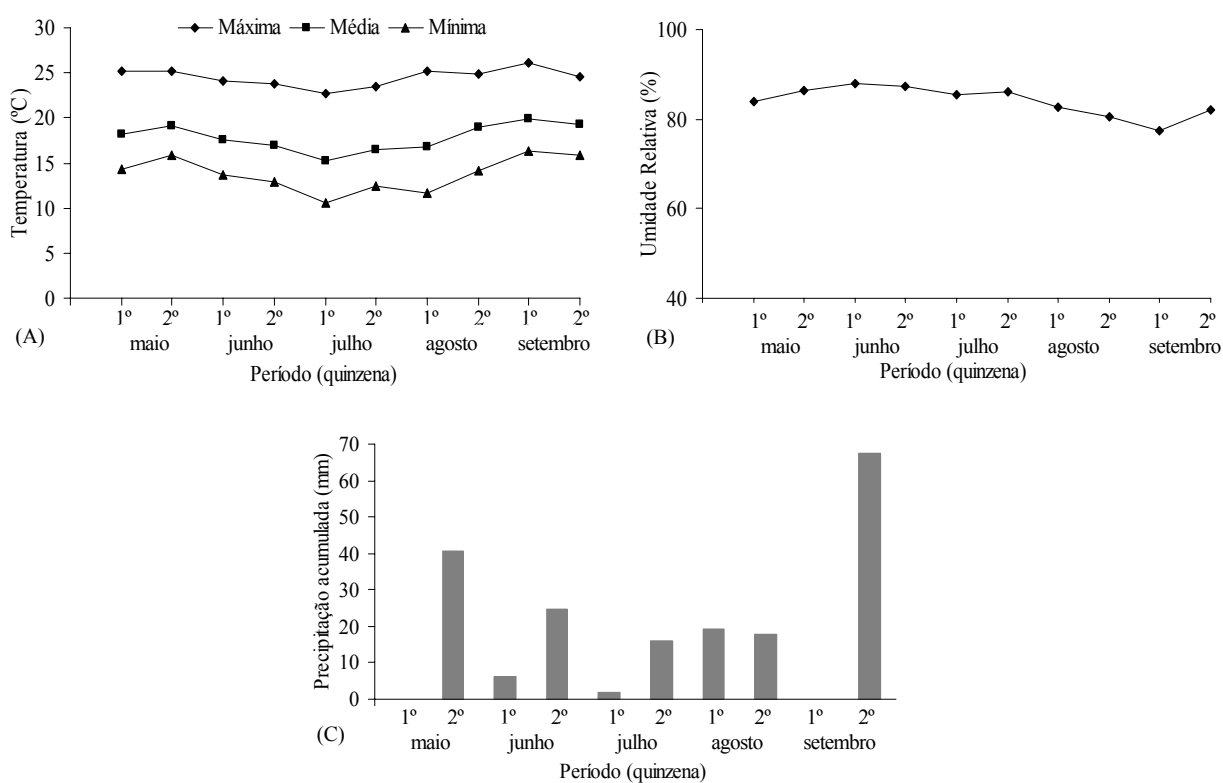
Cultivar	Característica							
	Altura de plantas	Comprimento do pedúnculo	Diâmetro do pedúnculo	Massa do Hectolitro	Nº de grãos espiga <sup>-1</sup>	Nº de espigas m <sup>-2</sup>	Produtividade dos grãos	Índice de colheita
	cm	cm	mm	kg hL <sup>-1</sup>	----	----	kg ha <sup>-1</sup>	----
BRS 210	79,99b	32,42b	29,45b	76,20a	27,77b	476,64a	4672,73b	0,452b
Pioneiro	93,92a	36,99a	30,15a	74,70b	36,31a	404,03b	4985,48a	0,464a
Aplicação								
Única	86,81a	34,94a	30,12a	75,57a	32,69a	443,36a	4889,82a	0,459a
Parcelada	87,10a	34,47a	29,48b	75,33a	31,39b	437,30a	4768,4a	0,457a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste F.

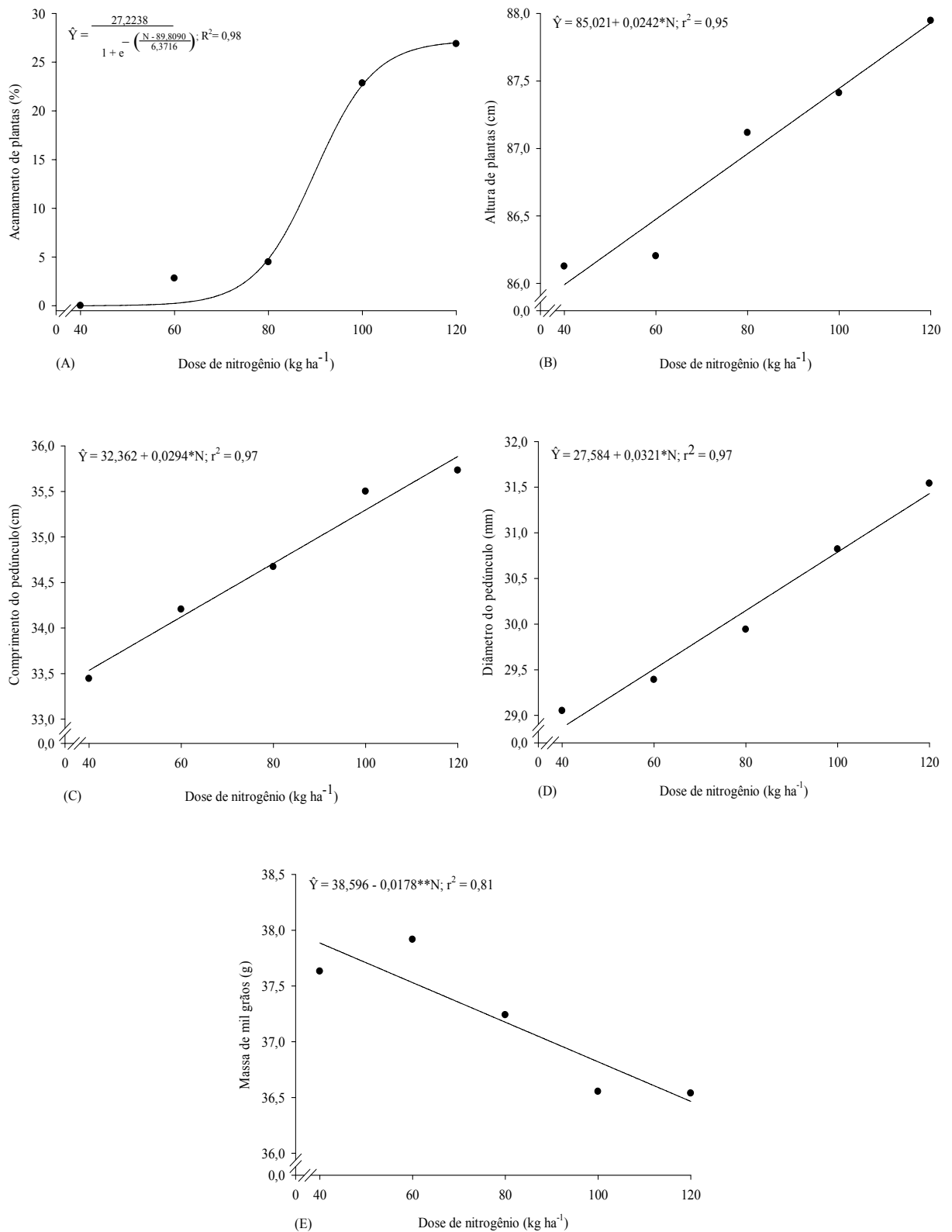
**Tabela 4.** Massa de mil grãos (g) de duas cultivares de trigo em resposta a doses e formas de aplicação de nitrogênio. Viçosa-MG, 2005.

Forma de aplicação	Cultivar	
	BRS 210	Pioneiro
Única	38,12 Aa	36,70 Ba
Parcelada	38,40 Aa	35,46 Bb

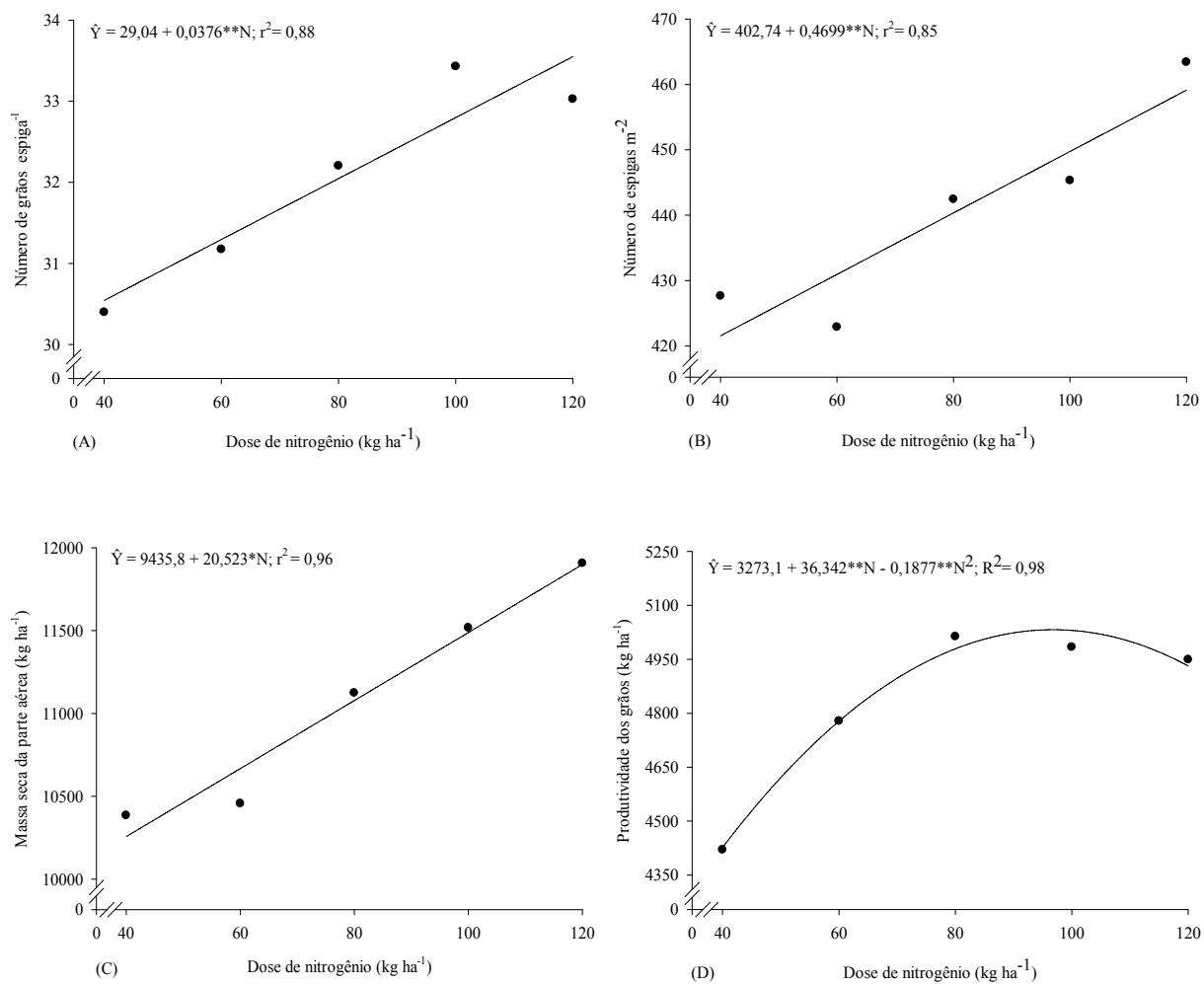
Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.



**Figura 1.** Temperaturas: máxima, média e mínima (A); Umidade relativa (B); Precipitação pluvial, durante os meses de maio a setembro. Viçosa-MG, 2005.



**Figura 2.** Representação gráfica das características: (A) Acamamento de plantas da cultivar Pioneer; (B) Altura das plantas; (C) Comprimento do pedúnculo; (D) Diâmetro do pedúnculo; (E) Massa de mil grãos, de trigo em resposta a doses de nitrogênio. Viçosa-MG, 2005.



**Figura 3.** Representação gráfica das características: (A) Número de grãos espiga<sup>-1</sup>; (B) Número de espigas m<sup>-2</sup>; (C) Massa seca da parte aérea; (D) Produtividade de grãos, de trigo em resposta a doses de nitrogênio. Viçosa-MG, 2005.

## **CAPÍTULO II**

---

### **UTILIZAÇÃO DE REDUTORES DE CRESCIMENTO NA CULTURA DO TRIGO**

## UTILIZAÇÃO DE REDUTORES DE CRESCIMENTO NA CULTURA DO TRIGO

**RESUMO** – Objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito de doses e épocas de aplicação de três redutores de crescimento sobre plantas de trigo da cultivar Pioneiro. O experimento, conduzido em Viçosa – MG de maio a setembro de 2005, foi montado com fatores em esquema fatorial e hierárquico com uma testemunha, no delineamento de blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos foram 500, 1000 e 1500 g ha<sup>-1</sup> de cloromequat; 62,5, 125 e 187,5 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-etil e 40, 80 e 120 g ha<sup>-1</sup> de paclobutrazol aplicados no estágio 6 ou 8 da escala Feeks e Large, mais uma testemunha sem aplicação de redutor. Apenas o trinexapac-etil e o cloromequat são eficientes em reduzir a estatura das plantas de trigo; a ação do cloromequat e do paclobutrazol, sobre a altura das plantas, é indiferente à época de aplicação, mas o trinexapac-etil no estágio 8 promove menor altura do que no estágio 6. O aumento das doses dos redutores promove menor estatura das plantas; sendo que o cloromequat e paclobutrazol não afetam a produtividade dos grãos. Todavia, as maiores doses de trinexapac-etil promovem redução na produtividade do trigo.

**Termos para indexação:** *Triticum aestivum*, cloromequat, trinexapac-etil, paclobutrazol, altura de plantas, produtividade.

## USE OF GROWTH RETARDANTS IN WHEAT

**ABSTRACT** – The objective of this study was to evaluate the effect of doses and application times of three growth retardants on wheat plants of cultivar Pioneiro. The experiment was conducted in Viçosa-MG, from May to September 2005, and it was arranged in a factorial and hierarchical, randomized block design with four repetitions and a control treatment. The treatments consisted of 500, 1000 and 1500 g ha<sup>-1</sup> of chlormequat; 62.5, 125 and 187.5 g ha<sup>-1</sup> of trinexapac-ethyl and 40, 80 and 120 g ha<sup>-1</sup> of paclobutrazol applied at growth stage 6 or 8 of Feeks and Large scale, and a control treatment without retardant application. Only trinexapac-ethyl and chlormequat were efficient in reducing the height of wheat plants; the effect of chlormequat and paclobutrazol on plant height was independent of the application time, but the trinexapac-ethyl at growth stage 8 produced smaller plant height than at stage 6. Increasing retardant doses produced smaller plant heights, and chlormequat and paclobutrazol had no effect on grain yield. However, the largest trinexapac-ethyl doses caused reduction in wheat yield.

**Keywords:** *Triticum aestivum*, chlormequat, trinexapac-ethyl, paclobutrazol, plant height, yield.

## INTRODUÇÃO

O termo acamamento de planta refere-se à curvatura do caule da planta em direção ao solo, causada pelo peso da água acumulada nas espigas maduras, ventos, baixa resistência do colmo, entre outros fatores. Em cereais e outras culturas anuais graníferas, este fenômeno dificulta a colheita do grão com colhedora combinada (Taiz e Zeiger, 2004). De modo geral, o acamamento tem sido controlado mediante restrição da aplicação de fertilizantes nitrogenados e/ou o uso de cultivares de porte baixo (Rodrigues *et al.*, 2003). No entanto, esse problema também pode ser solucionado pela utilização de redutores de crescimento.

Os redutores de crescimento são substâncias químicas naturais ou sintéticas que podem ser aplicadas diretamente nos vegetais para alterar os processos vitais ou estruturais, por meio de modificações no balanço hormonal das plantas, com a finalidade de aumentar a produção, melhorar a qualidade ou facilitar a colheita (Lamas, 2001, Mateus *et al.*, 2004).

Os redutores atuam como sinalizadores químicos na regulação do crescimento e desenvolvimento de plantas. Normalmente liga-se a receptores na planta e desencadeiam uma série de mudanças celulares, as quais podem afetar a iniciação ou modificação do desenvolvimento de órgãos ou tecidos. Os redutores de estatura das plantas são normalmente antagonistas às giberelinas e agem modificando o metabolismo destas (Rodrigues *et al.*, 2003), por isso esses compostos são chamados, muitas das vezes, de “antigiberelinas”.

As giberelinas (GAs) constituem um grupo de diterpenóides tetracíclicos (Crozier *et al.*, 2000), compostos de unidades básicas pentacarbonadas (isoprenos), que desempenha funções na regulação de vários processos fisiológicos das plantas (Taiz e Zeiger, 2004).

A giberelina promove o alongamento dos entrenós em membros da família das gramíneas. O alvo da ação destas substâncias é o meristema intercalar, o qual está localizado próximo à base do entrenó, que produz derivadas para cima e para baixo (Taiz e Zeiger, 2004). Estas substâncias aumentam tanto o alongamento quanto a divisão celular, conforme evidenciado pelos aumentos do comprimento celular e do número de células, em resposta à aplicação de giberelinas. Por exemplo, os entrenós de plantas altas de ervilha possuem mais células do que aqueles de plantas anãs, além de serem mais longas. As mitoses aumentam de modo notável na região subapical do meristema de plantas em roseta, sob dias longos, após o tratamento com giberelina. Além do alongamento do caule as giberelinas também controlam vários aspectos da germinação de sementes, incluindo a quebra de dormência e a mobilização de reservas do endosperma. No desenvolvimento reprodutivo, podem afetar a transição do estado juvenil para o maduro, bem como a indução da floração, a determinação do sexo e o estabelecimento do fruto (Taiz e Zeiger, 2004).

A rota biossintética da giberelina pode ser dividida em três etapas, cada uma ocorrendo em um compartimento celular diferente (Hedden e Phillips, 2000). Na etapa 1, o geranylgeranyl difosfato (GGPP) é convertido a *ent*-caureno via copalil difosfato (CPP) nos plastídeos. Na etapa 2, que ocorre no retículo endoplasmático, o *ent*-caureno é convertido a GA<sub>12</sub> ou GA<sub>53</sub>, dependendo se o GA é hidroxilado no carbono 13 (predominante na maioria dos vegetais). Na etapa 3, GA<sub>12</sub> ou GA<sub>53</sub> são convertidos em outros GAs no citosol. Esta conversão prossegue com uma série de oxidações no carbono 20. Na rota de hidroxilação-C13 esta série de oxidações leva à produção de GA<sub>20</sub>. O GA<sub>20</sub> é, então, oxidado para formar a giberelina ativa GA<sub>1</sub>, por reação de 3β-hidroxilação (o equivalente sem 13-OH é o GA<sub>4</sub>). Por último, a hidroxilação de carbono 2 converte GA<sub>20</sub> e GA<sub>1</sub> às formas inativas GA<sub>29</sub> e GA<sub>8</sub>, respectivamente (Taiz e Zeiger, 2004).

Inibidores da síntese de giberelinas são divididos em três classes, e cada classe específica interrompe uma das três etapas da síntese de giberelina. A primeira classe de compostos, tais como amônio quartenário (cloreto de chlormequat ou CCC, cloreto de mepiquat e AMO-1618) e Fosfônio (cloreto de chlorfenio), bloqueiam a síntese de *ent*-caureno a partir do geranylgeranyl difosfato. A AMO-1618 e CCC especificamente inibe a atividade de copalil difosfato sintase e, em menor grau, da *ent*-caureno sintase. A segunda classe consiste nos compostos heterocíclicos contendo nitrogênio, como ancimidol (uma pirimidina), tetciclases (um norbornanodiazetina), e compostos tipo triazol (paclobutrazol e uniconazol). Estes compostos inibem a oxidação de *ent*-caureno para o ácido *ent*-caurenóico pelas P450 monooxigenases, durante a etapa 2 da biossíntese da giberelina. O terceiro grupo inclui acilciclohexanoedionas, os quais inibem dioxigenases dependente do 2-oxoglutarato na etapa 3 da biossíntese de giberelina. Acilciclohexanoedionas, como prohexadiona-Ca e trinexapac-etil (um sal e um éster, respectivamente), são estruturalmente similares ao 2-oxoglutarato e são, portanto, inibidores da atividade da dioxigenase por competição pelo sítio de ligação do cosubstrato, 2-oxoglutarato (Srivastava, 2002).

Produtos inibidores de giberelinas são usados comercialmente para evitar o alongamento em algumas plantas. Em trigo, o cloreto de 2-cloro etil trimetilamônia, conhecido com “CCC” recomendado para o trigo na década de 60 (Rodrigues *et al.*, 2003) e o trinexapac-etil (Moddus) (Amrein *et al.*, 1989; Kerber *et al.*, 1989; Zagonel *et al.*, 2002b) têm apresentado bons resultados na redução da estatura das plantas. O paclobutrazol não tem sido recomendado para esta cultura, no entanto, efeitos de restrição do crescimento de plantas por redução do alongamento têm sido comumente obtidos em plantas floridas em vasos como lírios, crisântemos e poinsetias (Taiz e zeiger, 2004).

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de doses e épocas de aplicação de três redutores de crescimento sobre a cultivar de trigo Pioneiro.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Experimental Diogo Alves de Mello da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG (20°45' S, 42°51' W e altitude de 650 metros), no período de maio a setembro de 2005. Dados diários de temperatura máxima, média e mínima, precipitação pluvial, umidade relativa do ar, durante todo período do experimento, foram obtidos pela estação climatológica principal do Departamento de Engenharia Agrícola da referida universidade (Figura 1).

A área utilizada tem sido cultivada com soja (verão) e trigo (inverno), durante os últimos anos. O solo é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo (Fase Terraço), antigo Podizólico Vermelho-Amarelo (Embrapa, 2006) e suas características químicas, determinadas na camada de 0 a 20 cm são apresentadas na Tabela 1.

O preparo do solo foi realizado por meio de uma aração e duas gradagens e a adubação de base foi feita utilizando-se a dose de 250 kg ha<sup>-1</sup> do formulado comercial 08-28-16. A semeadura, realizada com auxílio de uma semeadora própria para parcelas experimentais, foi efetuada no dia 17 de maio de 2005. Foram aplicados 40 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura no início do perfilhamento (15 dias após a emergência) utilizando-se como fonte o sulfato de amônio. A colheita foi realizada dia 15 de setembro de 2005. A cultivar utilizada, foi a Pioneiro, que possui porte médio e é moderadamente resistente ao acamamento (Embrapa, 2005).

O experimento foi montado com fatores em esquema fatorial e hierárquico com uma testemunha, no delineamento de blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos foram três redutores de crescimento: 1) clomequat (Cycocel) (cloreto de 2-cloro etil trimetilamônia; 2) trinexapac-etil (Moddus) (4-ciclopropil (hidróxi) metileno-3,5-dioxociclohexano carboxilato de etila e 3) paclobutrazol (Cultar) [(2RS, 3RS) 1-(4-Clorofenil)-4,4-dimetil-2-(1H1,2,4-triazol-1-il) pentano-3-ol] aplicados em três doses (500, 1000 e 1500 g ha<sup>-1</sup> de clomequat; 62,5, 125 e 187,5 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-etil e 40, 80 e 120 g ha<sup>-1</sup> de paclobutrazol) e em duas épocas de aplicação, sendo a primeira no estágio 6 da escala de Feeks e Large, onde as plantas se encontravam em diferenciação floral, com o primeiro nó visível, ou no estágio 8 da referida escala, onde as plantas se encontravam com o segundo nó já formado, mais um tratamento testemunha que não recebeu aplicação de redutor.

As aplicações dos redutores foram realizadas aos 24 ou 34 dias após a emergência das plântulas, para época 1 e 2 respectivamente, utilizando-se pulverizador costal, à pressão

constante de 2,5 bar pol<sup>-2</sup>, pressionado por CO<sub>2</sub> comprimido, com dois bicos de jato tipo leque (XR 110-015) espaçados em 0,5 m. Foi aplicado volume equivalente a 150 L ha<sup>-1</sup> de calda.

Cada parcela foi constituída por cinco linhas de 5 m de comprimento, espaçadas em 0,184 m entre si. A área útil da parcela, 2,208 m<sup>2</sup>, foi constituída pelas três linhas centrais, sendo eliminado meio metro em ambas as extremidades da parcela.

A altura de plantas foi obtida pela avaliação de quinze plantas ao acaso, por parcela, medindo-se do coleto até o ápice da espiga e excluindo-se as aristas. O comprimento do pedúnculo (comprimento entre o último nó e a base da espiga), o índice de colmo (razão entre o comprimento do pedúnculo e o comprimento do caule) e o diâmetro do pedúnculo (determinado a cinco cm de altura a partir do último nó) foram avaliados em 100 plantas colhidas em seqüência na fileira central da parcela. A massa de mil grãos foi determinada segundo Brasil (1992) e a massa do hectolitro utilizando balança apropriada, a partir dos grãos colhidos das plantas da parcela útil. O Número de espigas m<sup>-2</sup> foi determinado pela contagem direta, em três segmentos de 1 m de fileira, tomados ao acaso na parcela útil. O Número de grãos espiga<sup>-1</sup>, a massa seca da parte aérea, e o índice de colheita (razão entre a produtividade de grãos e a massa seca da parte aérea), foram determinados em 100 plantas colhidas em seqüência na fileira central da parcela. A produtividade de grãos, com umidade corrigida para 13%, foi determinada a partir dos grãos colhidos das plantas da parcela útil e transformação para kg ha<sup>-1</sup>.

Para análise estatística utilizou-se o programa SAEG 8.0 (Funarbe, 2000). Os dados foram submetidos à análise de variância e, sendo detectados diferenças, aplicaram-se o teste Tukey a 5% de probabilidade, para as comparações entre médias e, para as comparações entre doses, aplicaram-se análises de regressão sendo os modelos matemáticos escolhidos segundo as equações com melhores ajustes, confirmados pelos maiores valores dos coeficientes de determinação ( $r^2/R^2$ ), pela significância dos coeficientes de regressão ( $\beta_i$ ) e do teste F da regressão, ambos a até 10% de probabilidade, bem como pelo fenômeno biológico. As significâncias dos coeficientes de regressão ( $\beta_i$ ) foram apresentadas na equação admitindo-se \* e \*\* como significativos a 1 e 5% respectivamente.

## RESULTADOS

A altura de plantas não foi influenciada pela época de aplicação em nenhuma das doses dos redutores clomequat e paclobutrazol. Por outro lado, a época 2 promoveu menor altura das plantas em todas as doses do redutor trinexapac-etil. Nas duas épocas de aplicação, plantas tratadas com trinexapac-etil tiveram menor altura, com paclobutrazol a maior altura,

enquanto as plantas tratadas com cloromequat apresentaram altura intermediária. O redutor trinexapac-etil promoveu maior redução na estatura das plantas na época 2 (Tabela 2).

Observou-se efeito linear negativo da dose sobre a altura das plantas para todos redutores de crescimento e épocas de aplicação avaliados (Figura 2, 3, 4).

O comprimento do pedúnculo das plantas de trigo variou em função da aplicação dos redutores. Em ambas as épocas de aplicação, foi observado maior valor nas plantas tratadas com paclobutrazol, seguidas das tratadas com cloromequat e, estas, pelas que receberam trinexapac-etil. A aplicação no estágio 8 (época 2) promoveu menor comprimento do pedúnculo nas plantas tratadas com cloromequat e trinexapac-etil. Para esta característica, não houve diferença entre épocas de aplicação do redutor paclobutrazol (Tabela 3).

O comprimento do pedúnculo das plantas de trigo decresceu em função das doses de cloromequat e trinexapac-etil. Por outro lado, as doses de paclobutrazol não influenciaram o comprimento desta característica (Figura 5).

A aplicação do redutor de crescimento no estágio 6 da escala de Feeks e Large (época 1) promoveu, em relação à época 2, maior índice de colmo em todas as doses de todos os redutores, com exceção da dose de 500 g ha<sup>-1</sup> de cloromequat e das doses de 40 e 80 mg ha<sup>-1</sup> de paclobutrazol. Ainda para esta característica, não houve diferença entre os redutores de crescimento, quando estes foram aplicados na época 1. No entanto, na época 2, o paclobutrazol promoveu o maior índice de colmo, sendo seguido pelo cloromequat, e por fim pelo trinexapac-etil, que apresentou o menor índice. O cloromequat e o trinexapac-etil promoveram maior índice de colmo quando a aplicação foi feita na época 1 (Tabela 4).

O índice de colmo das plantas de trigo aumentou linearmente, na época 1, com o incremento das doses de cloromequat, trinexapac-etil e paclobutrazol e, decresceu, na época 2, com o aumento das doses de cloromequat ou trinexapac-etil (Figuras 6, 7 e 8).

A massa do hectolitro foi semelhante entre os redutores utilizados, em ambas as épocas. Os grãos provenientes das plantas tratadas com trinexapac-etil na época 1, apresentaram maior massa do hectolitro que aqueles da época 2 (Tabela 3).

O índice de colheita das plantas tratadas com trinexapac-etil na época 2 foi menor que o da época 1 e menor que o das plantas que receberam aplicação de cloromequat ou paclobutrazol na mesma época (Tabela 3).

A massa de mil grãos das plantas de trigo tratadas com paclobutrazol foi maior do que as das tratadas com cloromequat ou trinexapac-etil, não havendo diferenças entre esses dois redutores. A massa seca da parte aérea das plantas tratadas com paclobutrazol foi maior que as demais. Não houve diferença entre os tratamentos com cloromequat e trinexapac-etil. A produtividade das plantas tratadas com paclobutrazol não diferiu das tratadas com cloromequat

e esses dois produtos, proporcionaram maior produtividade do trigo do que o trinexapac-etil (Tabela 5).

A massa seca da parte aérea das plantas de trigo decresceu linearmente quando se aumentaram as doses de cloromequat e trinexapac-etil. As doses de paclobutrazol não afetaram esta característica (Figura 9).

A produtividade das plantas de trigo respondeu de forma quadrática ao aumento das doses de trinexapac-etil. A máxima produtividade, 5.288 kg ha<sup>-1</sup>, foi obtida na dose de 57,7 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-etil. As doses de cloromequat e paclobutrazol não influenciaram a produção de grãos das plantas de trigo (Figura 10).

## DISCUSSÃO

A menor altura de plantas observada quando se aplicaram trinexapac-etil na época 2, em relação à época 1, está relacionada principalmente com a alongação do pedúnculo, pois, na segunda época, o redutor teve maior ação sobre o crescimento deste entrenó. Zagonel e Fernandes (2007) aplicando trinexapac-etil em duas épocas, entre o 1<sup>o</sup> e o 2<sup>o</sup> nó e entre o 2<sup>o</sup> e o 3<sup>o</sup> nó perceptível, nas cultivares OR-1, CD-104 e CEP-24, também encontraram menor altura em plantas que receberam a aplicação mais tardia.

As diferenças de altura de plantas observadas entre os redutores cloromequat e trinexapac-etil sugerem maior efetividade do segundo em reduzir a estatura de plantas de trigo. Para o paclobutrazol, não é possível afirmar se este é menos eficiente, pois, a maior altura das plantas pode ter ocorrido em função da dose estudada ou da forma de aplicação. Assim, para se afirmar algo sobre os efeitos deste redutor são necessários estudos mais aprofundados.

As reduções da estatura das plantas obtidas com o aumento das doses de cloromequat assemelham-se às encontradas em gerânio (*Perlagonium x hortorum* L.H.Bailey), quando se utilizaram as doses de 0, 750, 1000, 1500 mg L<sup>-1</sup> de cloromequat (Tinoco, 2005). Para aplicação de trinexapac-etil, Zagonel *et al.* (2002a) encontrou redução na estatura das plantas de trigo da cultivar IAPAR-53, quando estas foram submetidas à aplicação de 125 g ha<sup>-1</sup> do redutor em relação à não aplicação do mesmo. Corroborando estes resultados, Zagonel e Fernandes (2007) estudando as doses de 0; 31,2; 62,4; 93,7; 125; 156,2 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-etil encontraram decréscimo linear da altura de plantas para sete das oito cultivares estudadas.

Para o aumento das doses de paclobutrazol, as reduções da estatura das plantas são semelhantes aos relatados para gerânio, tratados com as doses de 0, 5, 10 e 20 mg L<sup>-1</sup> do redutor (Tinoco, 2005). O paclobutrazol não é uma molécula prontamente móvel dentro da planta, porém apresenta efeitos em longo prazo. É muito ativo quando aplicado no substrato,

pois é absorvido pelas raízes e translocado via xilema para a porção apical nas regiões de crescimento (José, 2005, citado por Tinoco, 2005). Quando o paclobutrazol é aplicado via pulverizações foliares, somente o que é absorvido pelas hastes e pecíolos é efetivamente translocado pelo xilema (Barret e Bartuska, 1982; Nelson, 2003; Styer, 2003, citados por Tinoco, 2005). Assim, acredita-se que outras doses, épocas ou formas de aplicação devem ser testadas para inferência sobre os efeitos deste redutor sobre a altura das plantas de trigo.

Os menores comprimentos dos pedúnculos observados na época 2 de aplicação dos redutores clomequat e trinexapac-etil, ocorreram porque, devido aos efeitos residuais na planta, o redutor tem maior ação sobre o pedúnculo, na época 2, em função das plantas estarem próximas do estágio de alongação do pedúnculo onde as taxas de crescimento longitudinal são altas e determinantes para o tamanho final da estrutura.

O comprimento do pedúnculo de plantas de gerânio, não foi diferente quando estas foram tratadas com paclobutrazol ou clomequat (Tinoco, 2005). No entanto, essa autora utilizou doses de paclobutrazol superiores às utilizadas neste trabalho. Esses resultados sugerem a necessidade de mais estudos sobre o paclobutrazol. Além disso, a similaridade observada entre as épocas de aplicação do paclobutrazol pode ser indicativa de que estas não sejam as melhores épocas. Talvez a aplicação mais precoce possa proporcionar melhor eficiência, já que este redutor possui efeitos em longo prazo e translocação apoplástica.

A menor alongação do pedúnculo em função das doses de clomequat e trinexapac-etil é semelhante ao que ocorreu com a altura de plantas e, isso acontece porque o pedúnculo é a estrutura que mais contribui para o crescimento em altura e também onde se verifica o crescimento final do colmo (Sobrinho e Souza, 1983). Menor crescimento do pedúnculo também foi encontrado em gerânio, tratado com as doses de 0, 500, 1000, 1500 mg L<sup>-1</sup> do clomequat (Tinoco, 2005). Para o trinexapac-etil os resultados obtidos em outros trabalhos, indicam redução desta estrutura quando se aplicaram as doses de 0 e 125 g ha<sup>-1</sup> deste produto, em trigo, nas cultivares IAPAR-53 (Zagonel *et al.*, 2002a) e OR-1 (Zagonel *et al.*, 2002b).

O índice de colmo foi obtido a partir da razão entre o comprimento do pedúnculo e o comprimento total do colmo. Os resultados observados, entre as épocas de aplicação, para esta característica, devem-se ao fato de que no estágio 6, as plantas, por não estarem em pleno desenvolvimento do pedúnculo, sofrem pouca redução deste entrenó, e por isso, a redução do colmo ocorre devido ao encurtamento dos nós basais que, ainda se encontram em desenvolvimento. Esses resultados sugerem que a aplicação tardia de clomequat e trinexapac-etil, estágio 8, é mais eficiente na redução da altura das plantas de trigo, pois nesta época o produto atua, principalmente, sobre o crescimento do último entrenó.

As diferenças de índice de colmo, observadas entre os redutores na época 2 (Tabela 4), indicam mais uma vez, que a aplicação do paclobutrazol não foi eficiente para redução da estatura das plantas. No entanto, não se pode concluir a respeito da eficiência deste produto somente com os resultados encontrados neste trabalho.

Os acréscimos nos índices de colmo, na época 1, quando se aumentaram as doses de cloromequat e trinexapac-etil, ocorreram porque nesta época as plantas não atingiram a fase de alongamento do pedúnculo e os redutores afetam o desenvolvimento dos entrenós basais, sendo o efeito sobre o pedúnculo pouco pronunciado. Assim, quanto maior a dose do redutor, menor será o comprimento dos nós basais. Conseqüentemente, esses entrenós contribuirão menos com o comprimento final do colmo, e a razão entre o pedúnculo e o colmo aumentará. Em contrapartida, os resultados observados na época 2, ocorreram devido ao efeito dos redutores sobre o pedúnculo e não sobre os entrenós basais, que nesta época já estão atingindo o final do crescimento.

O acréscimo do índice de colmo, na época 1, e o efeito não significativo, na época 2, das doses de paclobutrazol, presumivelmente, estão relacionados ao contato do produto com as zonas de crescimento da planta, uma vez que, sua molécula é pouco móvel nos tecidos (Styer, 2003). Isso é acreditado porque na época 1 as plantas possuíam pouca massa fresca na parte aérea e isso pode ter facilitado a penetração do produto até as partes inferiores das plantas, o que pode não ter ocorrido na época 2, quando as plantas se encontravam com maior volume de parte aérea. Outra possível explicação é que na segunda época, devido às altas taxas de crescimento vegetativo, as doses utilizadas podem não ter sido suficientes para inibir a síntese de giberelinas e, conseqüentemente, o crescimento das plantas.

Quanto ao efeito dos tratamentos sobre a massa do hectolitro, a menor massa do hectolitro dos grãos das plantas tratadas com trinexapac-etil na época 2, pode ter ocorrido em função da deficiência no enchimento dos grãos, devido a menor área fotossintética das plantas.

O menor índice de colheita das plantas de trigo, com aplicação de trinexapac-etil na época 2, assemelha-se ao relatado para a cultivar CD-105, que teve menor índice de colheita, quando as plantas receberam a aplicação de trinexapac-etil na fase de 2º e 3º nós visíveis, em relação àquelas que receberam o redutor quando estavam com o 1º e 2º nós visíveis. O mesmo não aconteceu para as cultivares OR-1, CD-104, Alcover, Ônix, Vanguarda, Supera, CEP-24 (Zagonel e Fernandes, 2007). Assim, acredita-se que a resposta para esta característica varia em função das condições de cultivo, entre outros fatores, mas, sobretudo, com a cultivar utilizada.

Para a massa de mil grãos não há relatos na literatura sobre comparações entre estes redutores de crescimento em trigo. Porém, para o cloromequat, o aumento das doses em arroz não promoveu decréscimos da massa de 100 grãos (Buzetti *et al.*, 2006) e em trigo cultivar IAPAR-53 (Zagonel *et al.*, 2002a) e cultivar OR-1 (Zagonel *et al.*, 2002b) as massas de mil grãos foram menores quando se aplicaram 125 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-etil em relação à não aplicação deste redutor. Acredita-se que o menor enchimento de grãos, observado nos tratamentos com cloromequat e trinexapac-etil, pode ter ocorrido devido à menor capacidade fotossintética das plantas, uma vez que estas apresentaram menor área foliar, principalmente da folha bandeira, evidenciado pela menor massa seca da parte aérea destas plantas (Tabela 5).

A menor massa seca da parte aérea das plantas tratadas com cloromequat e trinexapac-etil, evidencia a redução na parte aérea, principalmente na altura das plantas, provocada por esses redutores. Para as plantas tratadas com trinexapac-etil, a redução na massa seca das plantas também está ligada à redução no rendimento de grãos. Redução na massa seca das plantas, também foi relatada para trigo da cultivar IAPAR-53 quando tratadas com 125 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-etil, em relação à não aplicação deste redutor (Zagonel *et al.*, 2002a).

As reduções das massas secas das partes aéreas, em função das doses de cloromequat e trinexapac-etil, refletem o efeito de inibição do crescimento vegetativo das plantas de trigo. Tinoco (2005), também encontrou redução na massa seca de caule e folhas de gerânio tratado com doses de cloromequat, e Freitas *et al.* (2002) encontraram respostas decrescentes para a massa seca de plantas de grama batatais (*Paspalum notatum* Flugge), tratadas com doses de trinexapac-etil. Novamente, os resultados encontrados com paclobutrazol, não são conclusivos, pois Tinoco (2005) encontrou redução na massa seca do caule e das folhas de gerânio, tratadas com esse redutor.

A menor produtividade de grãos observada no tratamento com trinexapac-etil, em relação aos demais redutores, não corrobora os relatos de Zagonel *et al.* (2002a) e Zagonel *et al.* (2002b), onde não houve diferenças de produtividades quando se aplicaram 125 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-etil em relação à não aplicação do mesmo. No entanto, estes autores trabalharam apenas com a dose de 125 g ha<sup>-1</sup> do redutor, enquanto que, neste trabalho, estudaram-se as doses 0, 62,5, 125, 187,5 g ha<sup>-1</sup>. Além disso, o local e as cultivares utilizados podem promover respostas diferenciadas. O resultado encontrado com este redutor sugere que sua utilização deve ser criteriosa, pois pode promover reduções consideráveis na produtividade das plantas de trigo. Por outro lado, o cloromequat, não reduziu o rendimento de grãos, o que poderia classificá-lo como superior em relação aos demais. Mas, sua eficiência em reduzir a estatura das plantas é menor que a do trinexapac-etil.

O aumento da produtividade até a dose de 57,7 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-etil, está relacionada com a modificação na arquitetura das plantas, pois estas apresentaram folhas menos prostradas, o que promoveu menor auto-sombreamento, maior captura de radiação solar e, conseqüentemente, maior fotossíntese. Por outro lado, a redução da produtividade quando se aplicaram as maiores doses, deve-se a menor área fotossintética das plantas e menor reserva para translocação no momento do enchimento de grãos, uma vez que as mesmas apresentaram menor massa seca. Respostas quadráticas da produtividade de grãos também foram encontradas para as cultivares OR-1, CD-104, CD-105, Alcover, Ônix, Vanguarda, Supera, CEP-24 quando se utilizaram as doses de 0; 31,2; 62,4; 93,7; 125; 156,2 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-etil (Zagonel e Fernandes, 2007).

## CONCLUSÕES

- O trinexapac-etil e o cloromequat são eficientes em reduzir a estatura das plantas de trigo. O paclobutrazol, não é eficiente em reduzir a estatura das plantas.
- A ação dos redutores cloromequat e paclobutrazol, sobre a altura de plantas, é indiferente à época de aplicação. O trinexapac-etil aplicado na época em que as plantas se encontram no estágio 8 da escala Feeks e Large promove efeitos mais acentuados, do que quando aplicado no estágio 6 da referida escala.
- O aumento das doses dos redutores promove maior redução da estatura das plantas. As doses de cloromequat e paclobutrazol não reduziram a produtividade dos grãos. As maiores doses de trinexapac-etil promovem redução na produtividade.

## AGRADECIMENTOS

Ao “Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico” (CNPq) e a “Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais” (FAPEMIG), pelas bolsas e auxílios concedidos.

## REFERÊNCIAS

- AMREIN, J.; RUFENER, M.; QUADRANTI, M. The use of CGA 163`935 as a growth regulator in cereals and oilseed rape. In: BRIGHTON CROP PROTECTION CONFERENCE – WEEDS, 1989, Switzerland. **Proceedings...**, Switzerland: Ciba Geigy, 1989. p.2-12.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 1992. 365 p.

BUZETTI, S.; BAZANINI, G.C.; FREITAS, J.G.; ANDREOTTI, M.; ARF, O; SÁ, E.; MEIRA, F.A. Resposta de cultivares de arroz a doses de nitrogênio e do regulador de crescimento cloreto de cloromequat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.12, p.1731-1737, 2006.

CROZIER, A.; KAMIYA, Y.; BISHOP, G.; YOKOTA, T. Biosynthesis of hormones and elicitor molecules. *In*: BUCHANAN, B.B.; GRUISSSEN, W.; JONES, R.L. **Biochemistry and molecular biology of plants**. Rockville, Maryland, American Society of Plant Physiologist. p.850-864, 2000. 1367p.

EMBRAPA. Informações técnicas para a cultura de trigo na região do Brasil central safra – 2005 e 2006. *In*. **Reunião da comissão centro brasileira de pesquisa de trigo, 12**, Goiânia: Embrapa – (Documentos / Embrapa Arroz e feijão, ISSN 1516-7518; 173) 2005. 82p.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

FREITAS, F.C.L.; FERREIRA, L.R.; SILVA, A.A.; BARBOSA, J.G.; MIRANDA, G.V. Efeitos do trinexapac-ethyl sobre o crescimento e florescimento da grama-batatais. **Planta Daninha**, Viçosa, v.20, n.3, p.477-486, 2002.

FUNARBE: **SAEG - Sistema para análises estatísticas versão 8.0**. Viçosa-MG. Fundação Arthur Bernardes, 2000.

HEDDEN, P. e PHILLIPS, A.L. Gibberellin metabolism: New insights revealed by the genes. **Trends Plant Science**, London, v.5, p.523-530, 2000.

KERBER, E.; LEYPOLD,G.; SEILER, A. CGA 163`935 a new plant growth regulator for small grain cereals, rape and turf. In BRIGHTON CROP PROTECTION CONFERENCE – WEEDS, 1989, Switzerland. **Proceedings...**, Switzerland: Ciba Geigy, 1989. p.83-88.

LAMAS, F.M. Estudo comparativo entre cloreto de mepiquat e cloreto de chlormequat aplicados no algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.265-272, 2001.

MATEUS, G.P.; LIMA, E.V.; ROSOLEM, C.A. Perdas de cloreto de mepiquat no algodoeiro por chuva simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.7, p.631-636, 2004.

RODRIGUES, O.; DIDONET, A.D.; TEIXEIRA, M.C.C.; ROMAN, E.S. **Redutores de crescimento**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003. 18p html. (Embrapa trigo. Circular Técnica On-line; 14) Disponível: [http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/ci/p\\_ci14.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/ci/p_ci14.htm). Acessado em 22 de abril de 2005.

SOBRINHO, J.S.; SOUZA, M.A. Origem, descrição botânica e desenvolvimento do trigo. **Informe Agropecuário**, v.9, n.97, p.9-13, 1983.

SRIVASTAVA, L. M. **Plant growth and development: Hormones and environment**. Academic Press: San Diego. 2002. 772p.

STYER, R.C. Maximizing chemical growth retardants. **Greenhouse Product News**, Illinois, v.13, n.3, 2003.

TAIZ, L. e ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TINOCO, S.A. **Doses e formas de aplicação dos retardantes de crescimento Clormequat, Daminozide e Paclobutrazol na cultura do gerânio (Pelargonium x hortorum L.H. Bailey)**. Universidade Federal de Viçosa. Dissertação de Mestrado. 2005.

ZAGONEL, J. e FERNANDES, E.C. Doses e épocas de aplicação do redutor de crescimento afetando cultivares de trigo em duas doses de nitrogênio. **Planta Daninha**, v.1, 2007 (No prelo).

ZAGONEL, J.; VENANCIO, W.S.; KUNZ, R.P. Efeito de reguladores de crescimento na cultura de trigo submetido a diferentes doses de nitrogênio e densidades de plantas. **Planta Daninha**, Viçosa, n.2, p.471-476, 2002a.

ZAGONEL, J.; VENANCIO, W.S.; KUNZ, R.P.; TANAMATI, H. Doses de nitrogênio e densidades 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, 2002b.

**Tabela 1.** Características químicas do solo da Estação Experimental Diogo Alves de Mello. Viçosa-MG, 2005.

pH	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	SB	CTC(t)	CTC(T)	V	MO
H <sub>2</sub> O	mg dm <sup>-3</sup>		-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----				-----		(%)	dag kg <sup>-1</sup>	
5,60	11,47	115	1,89	0,28	0,0	3,11	2,46	2,46	5,57	44	1,5

pH (H<sub>2</sub>O - 1:2,5); Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup>: extrator KCl 1 mol L<sup>-1</sup>; P e K; extrator Mehlich 1; H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>: Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup>, a pH 7,0.

**Tabela 2.** Altura (cm) de plantas de trigo, cultivar Pioneiro, submetidas a doses, formulações de redutores de crescimento e épocas de aplicação (Época 1= estágio 6 ou Época 2= estágio 8 da escala Feeks e Large). Viçosa-MG, 2005.

	cloromequat			trinexapac-etil			Paclobutrazol		
	-----g ha <sup>-1</sup> -----								
	500	1000	1500	62,5	125	187,5	40	80	120
Época 1 <sup>1</sup>	85,80a	81,75a	81,16a	86,20a	77,99a	64,57a	90,61a	89,19a	88,06a
Época 2	83,49a	81,87a	80,49a	81,08b	68,26b	61,67b	91,34a	90,14a	89,73a
Época 1 <sup>2</sup>	82,90 Ba			76,25 Ca			89,29 Aa		
Época 2	81,95 Ba			70,33 Cb			90,41 Aa		

<sup>1</sup>Desdobramento da interação (época x dose)/reductor. <sup>2</sup>Desdobramento da interação época x reductor. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

**Tabela 3.** Comprimento do pedúnculo (cm), massa do hectolitro (kg hL<sup>-1</sup>) e índice de colmo de plantas de trigo, cultivar Pioneiro, submetidas à três formulações de redutores de crescimento, e duas épocas de aplicação (Época 1= estágio 6 ou Época 2= estágio 8 da escala Feeks e Large). Viçosa-MG, 2005.

Redutor	Característica					
	Comprimento do pedúnculo		Massa do hectolitro		Índice de colheita	
	Época 1	Época 2	Época 1	Época 2	Época 1	Época 2
cloromequat	34,75 Ab	33,02 Bb	79,72 Aa	80,02 Aa	0,485 Aa	0,493 Aa
trinexapac-etil	32,44 Ac	28,06 Bc	80,25 Aa	79,34 Ba	0,490 Aa	0,472 Bb
paclobutrazol	37,58 Aa	37,16 Aa	80,10 Aa	80,06 Aa	0,478 Aa	0,487 Aa

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha, para mesma característica, e minúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

**Tabela 4.** Índice de colmo de plantas de trigo, cultivar Pioneiro, submetidas a doses, formulações de redutores de crescimento e épocas de aplicação (Época 1= estágio 6 ou Época 2= estágio 8 da escala Feeks e Large). Viçosa-MG, 2005.

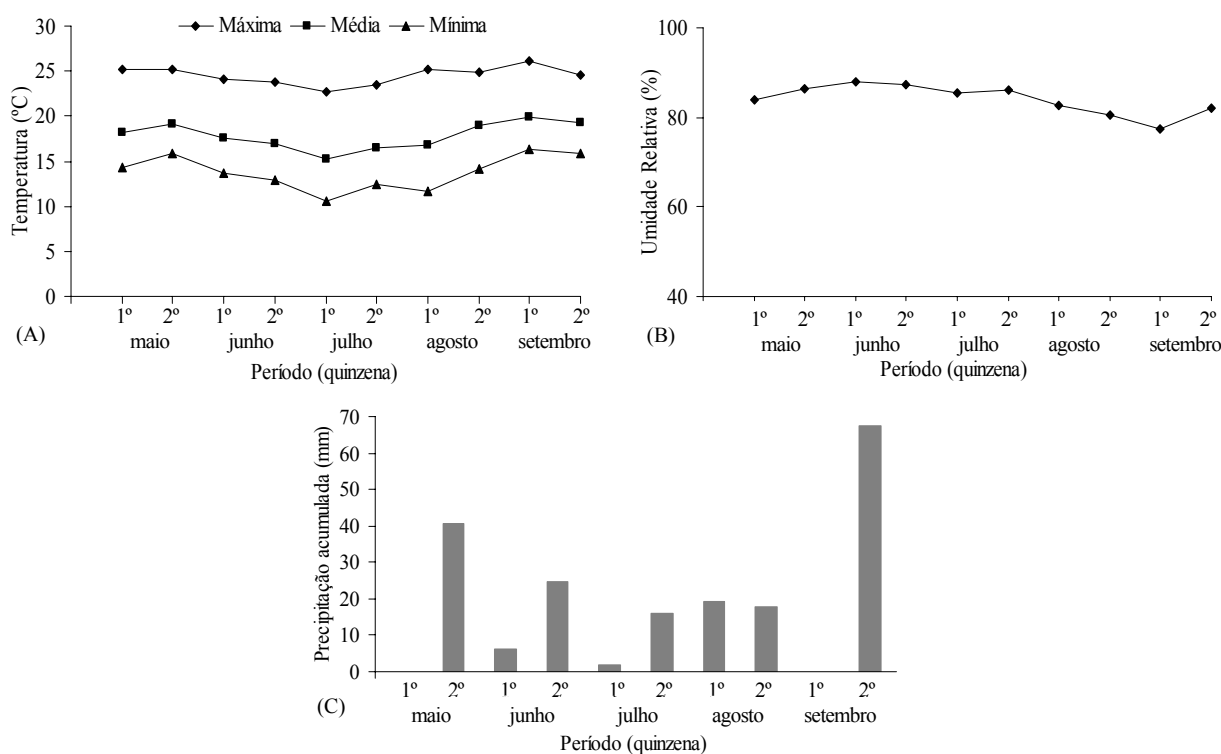
	cloromequat			trinexapac-etil			paclobutrazol		
	-----g ha <sup>-1</sup> -----								
	500	1000	1500	62,5	125	187,5	40	80	120
Época 1 <sup>1</sup>	0,48 a	0,49 a	0,49 a	0,48 a	0,49 a	0,49 a	0,48 a	0,49 a	0,51 a
Época 2	0,47 a	0,45 b	0,45 b	0,46 b	0,45 b	0,44 b	0,48 a	0,48 a	0,48 b
Época 1 <sup>2</sup>	0,4944 Aa			0,4929 Aa			0,4989 Aa		
Época 2	0,4631 Bb			0,4516 Cb			0,4843 Aa		

<sup>1</sup>Desdobramento da interação (época x dose)/reductor. <sup>2</sup>Desdobramento da interação época x reductor. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

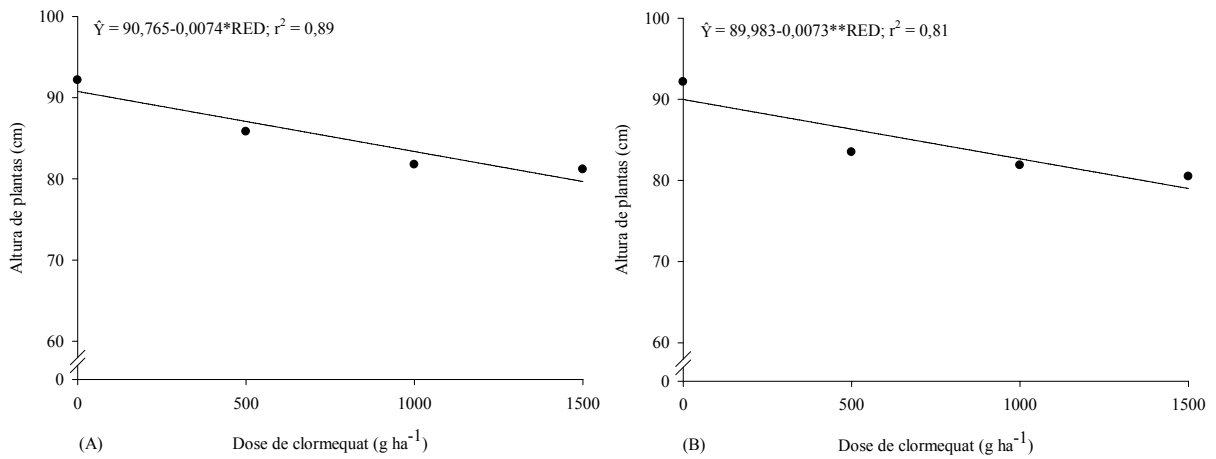
**Tabela 5.** Massa de mil grãos (g), massa seca da parte aérea (kg ha<sup>-1</sup>) e produtividade de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) de trigo cultivar Pioneiro, submetidas a três formulações de redutores de crescimento. Viçosa-MG, 2005.

Característica	cloromequat	trinexapac-etil	paclobutrazol
Massa de mil grãos	37,0979 B	36,5667 B	38,3570 A
Massa seca da parte aérea	11814,51 B	11796,67 B	12464,46 A
Produtividade	5493,82 A	4929,26 B	5379,52 A

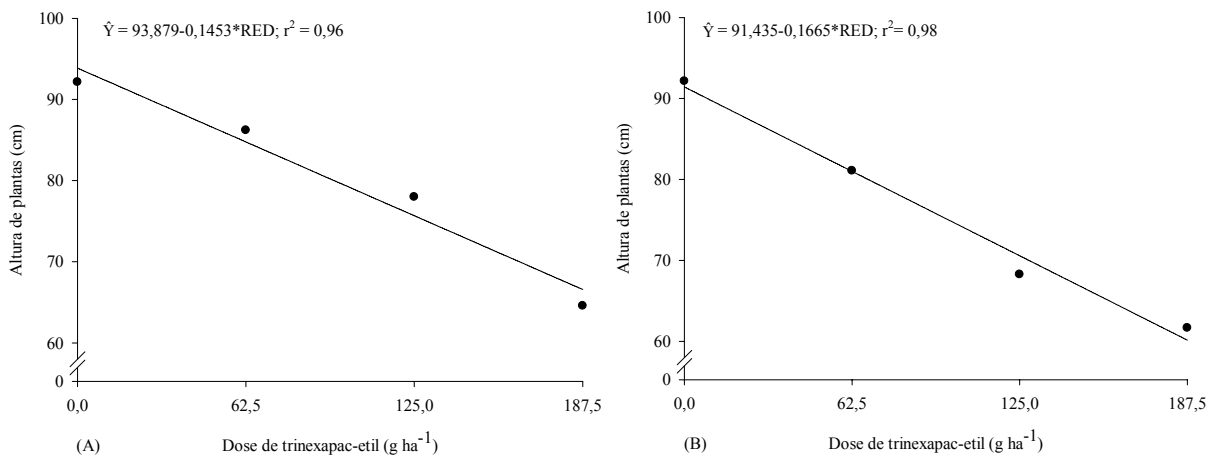
Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.



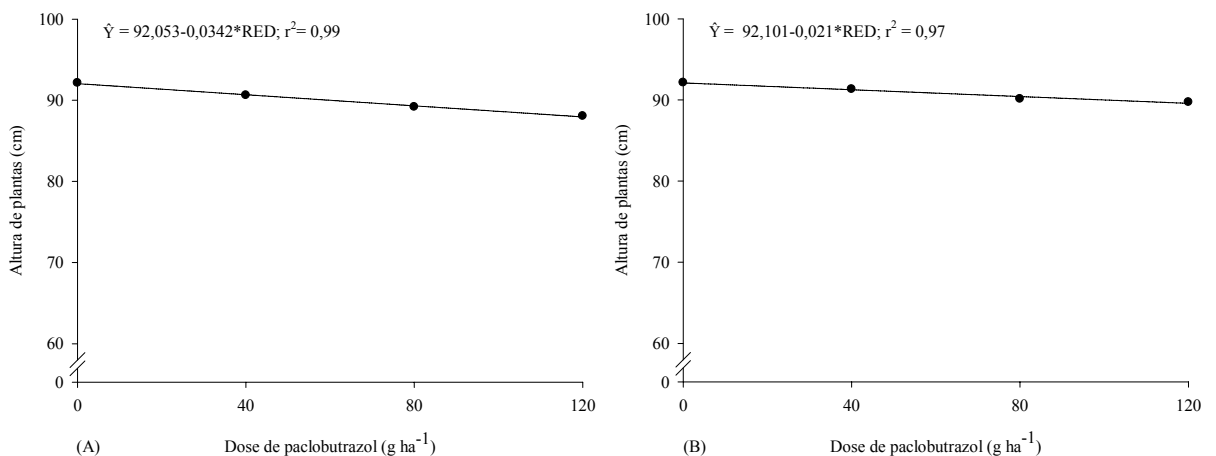
**Figura 1.** Temperaturas: máxima, média e mínima (A); Umidade relativa (B); Precipitação pluviométrica (C), durante os meses de maio a setembro. Viçosa-MG, 2005.



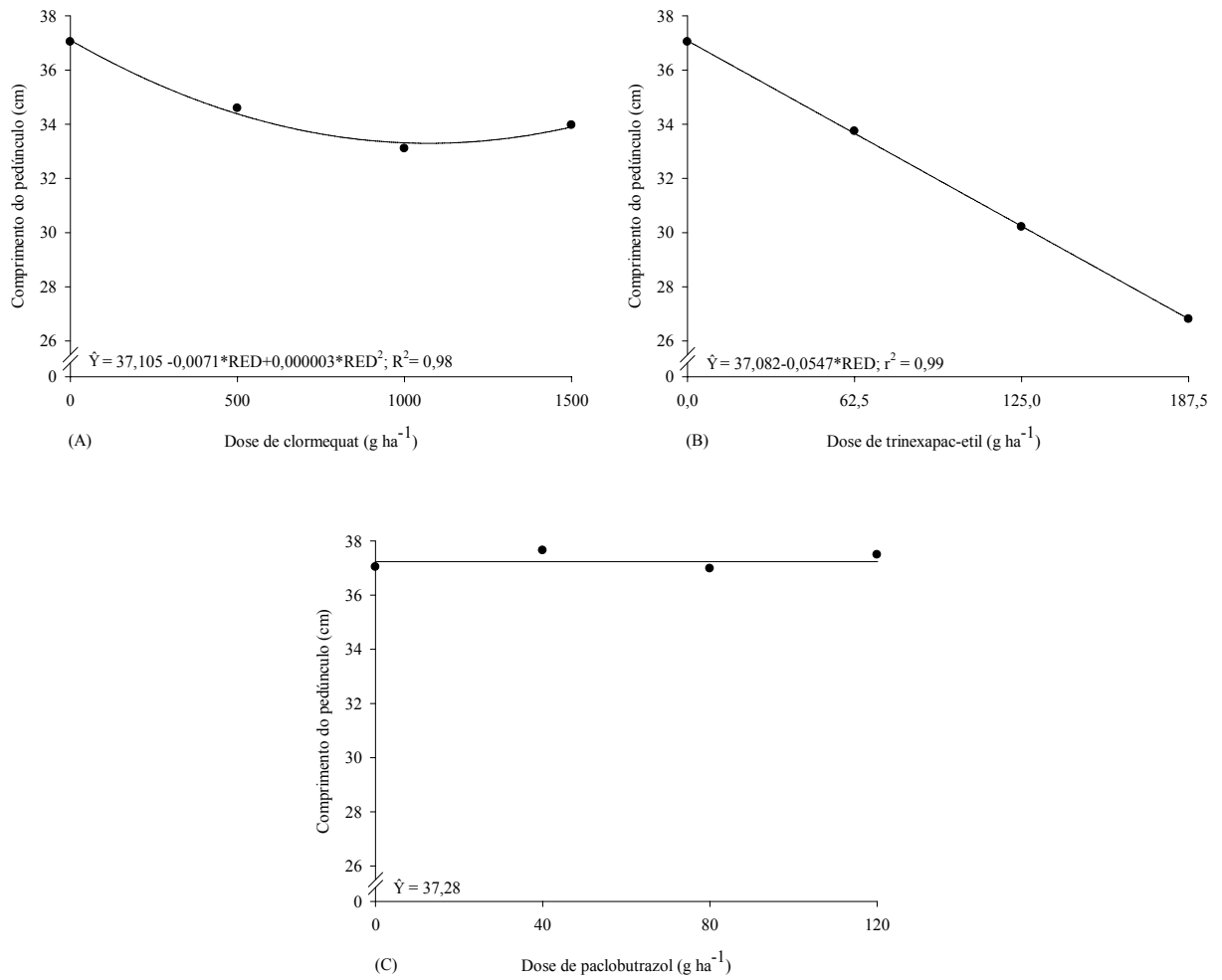
**Figura 2.** Altura de plantas de trigo, cultivar Pioneiro, submetidas a doses de clomequat, aplicadas no estágio 6 (A) ou 8 (B), da escala de Feeks e Large. Viçosa-MG, 2005.



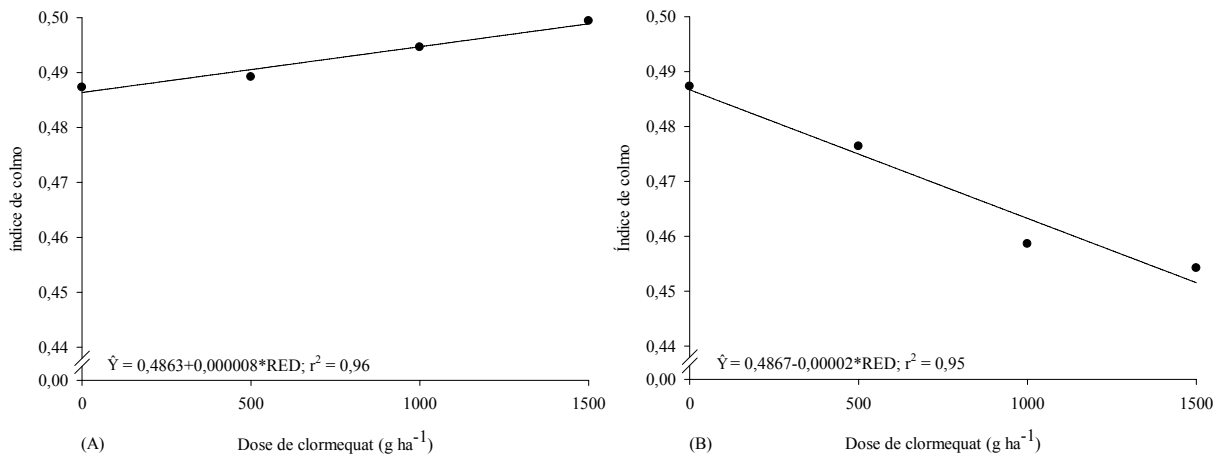
**Figura 3.** Altura de plantas de trigo, cultivar Pioneiro, submetidas a doses de trinexapac-etil, aplicadas no estágio 6 (A) ou 8 (B), da escala de Feeks e Large. Viçosa-MG, 2005.



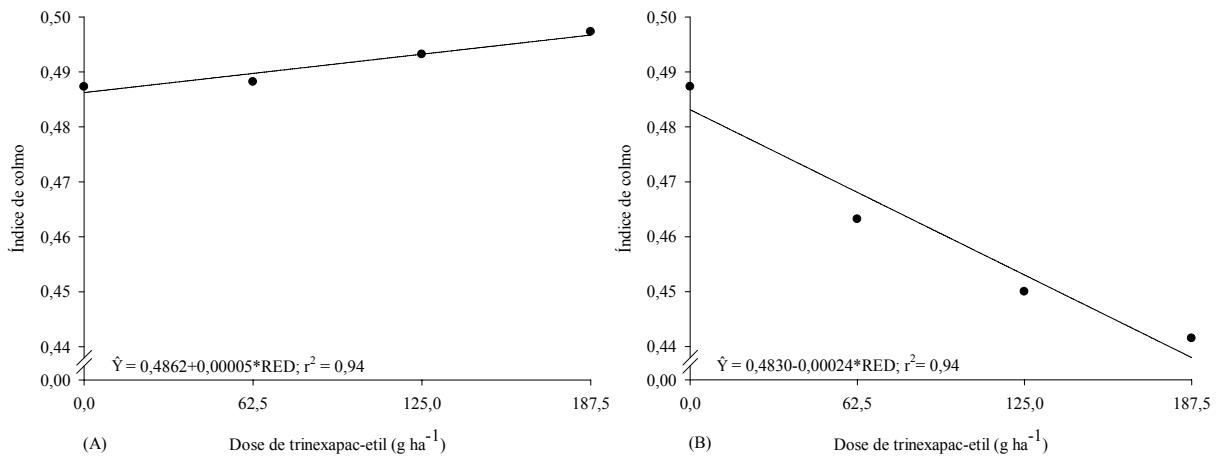
**Figura 4.** Altura de plantas de trigo, cultivar Pioneiro, submetidas a doses de paclobutrazol, aplicadas no estágio 6 (A) ou 8 (B), da escala de Feeks e Large. Viçosa-MG, 2005.



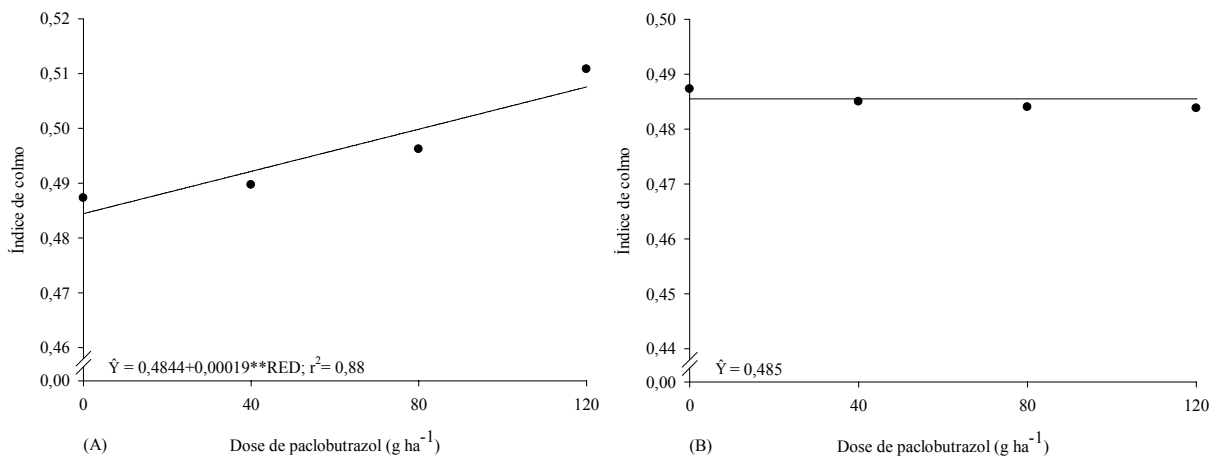
**Figura 5.** Comprimento do pedúnculo de plantas de trigo, cultivar Pioneiro, submetidas a doses dos redutores de crescimento: (A) clomequat, (B) trinexapac-etil, (C) paclobutrazol. Viçosa-MG, 2005.



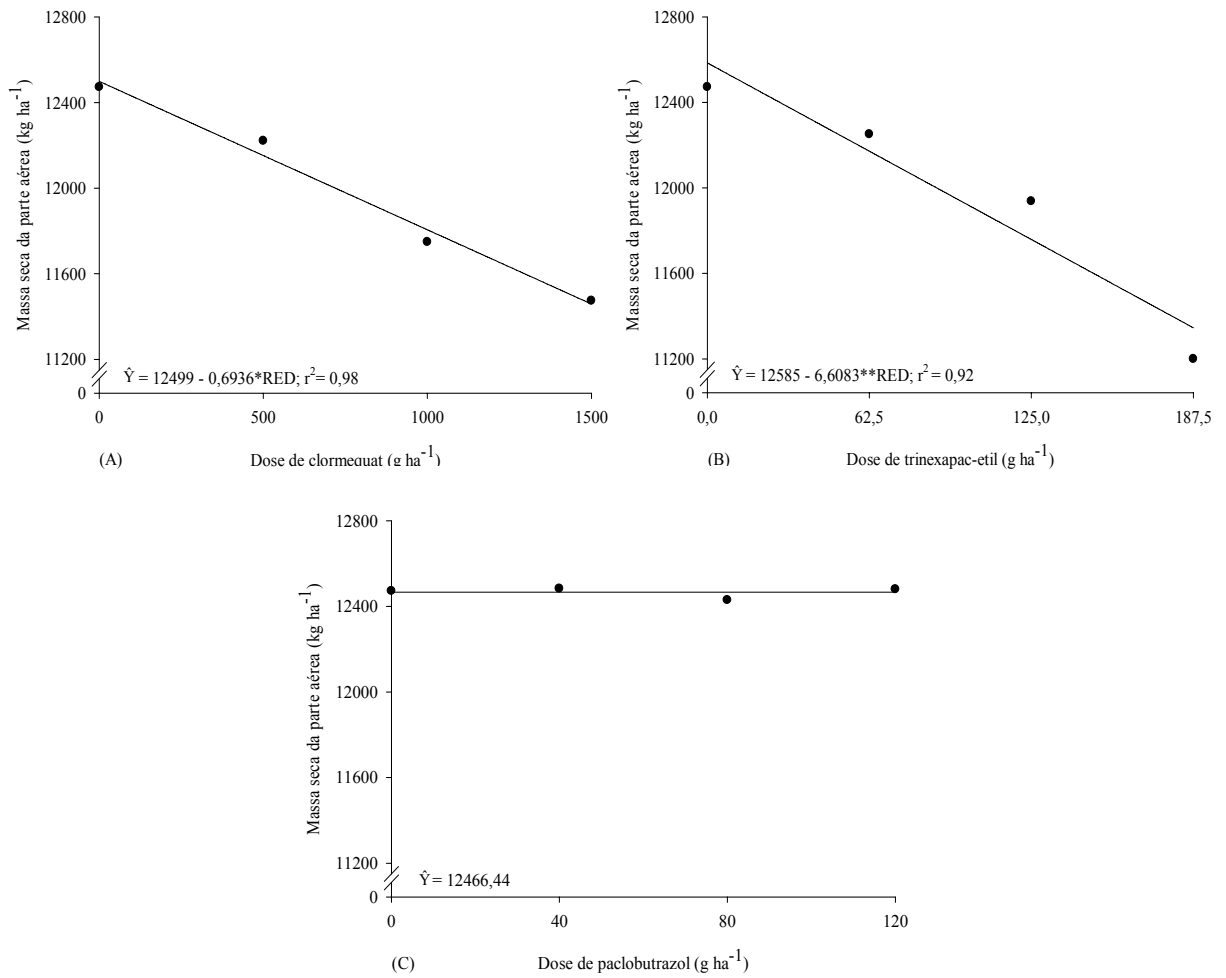
**Figura 6.** Índice de colmo de plantas de trigo, cultivar Pioneiro, submetidas a doses de clomequat, aplicadas no estágio 6 (A) ou 8 (B), da escala de Feeks e Large. Viçosa-MG, 2005.



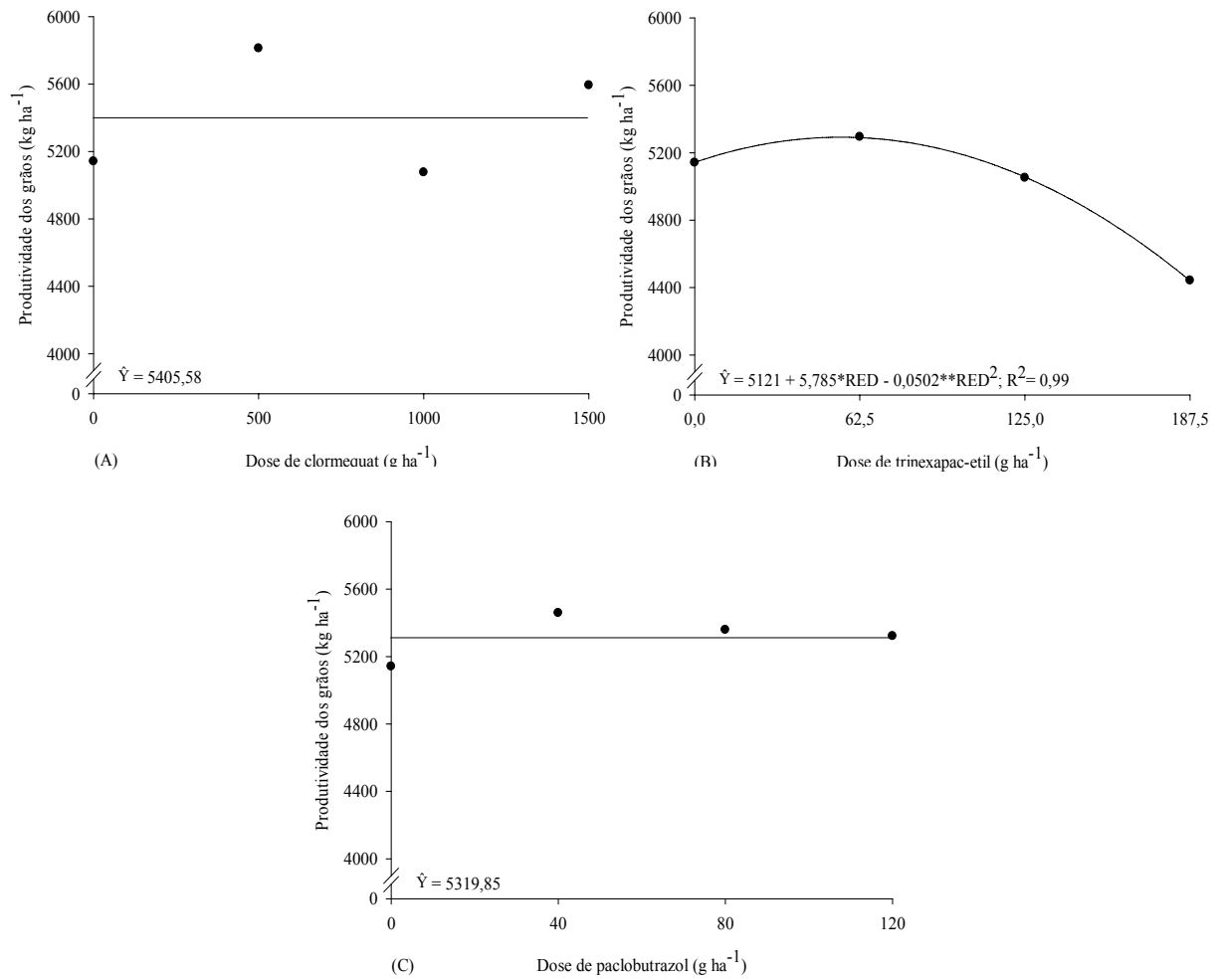
**Figura 7.** Índice de colmo de plantas de trigo, cultivar Pioneiro, submetidas a doses de trinexapac-etil, aplicadas no estágio 6 (A) ou 8 (B) da escala Feeks e Large. Viçosa-MG, 2005.



**Figura 8.** Índice de colmo de plantas de trigo, cultivar Pioneiro, submetidas a doses de paclobutrazol, aplicadas no estágio 6 (A) ou 8 (B) da escala Feeks e Large. Viçosa-MG, 2005.



**Figura 9.** Massa seca da parte aérea de plantas de trigo, cultivar Pioneiro, submetidas a doses dos redutores: (A) clomecuat, (B) trinexapac-etil, (C) paclobutrazol. Viçosa-MG, 2005.



**Figura 10.** Produtividade dos grãos de trigo, cultivar Pioneiro, submetidas a doses dos redutores: (A) clomequat, (B) trinexapac-etil, (C) paclobutrazol. Viçosa-MG, 2005.

### **CAPÍTULO III**

---

## **DOSES DE NITROGÊNIO E DO REDUTOR DE CRESCIMENTO TRINEXAPAC- ETIL NA CULTURA DO TRIGO**

## DOSES DE NITROGÊNIO E DO REDUTOR DE CRESCIMENTO TRINEXAPAC-ETIL NA CULTURA DO TRIGO

**RESUMO** – O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos de doses de nitrogênio associadas às doses do redutor de crescimento trinexapac-etil na cultura do trigo, cultivar Pioneiro. O experimento, conduzido em Viçosa-MG de junho a outubro de 2006, seguiu um esquema fatorial 5 x 4, no delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram 30, 60, 90, 120, 150 kg ha<sup>-1</sup> de N, combinados com 0, 62,5, 125, 187,5 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-etil. O acamamento e a altura das plantas aumentaram linearmente com o incremento das doses de nitrogênio e decresceram com o aumento das doses de trinexapac-etil. A produtividade decresceu com o aumento das doses de trinexapac-etil nos níveis de 30 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, respondeu de forma quadrática nos níveis de 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N e, aumentou linearmente com 150 kg ha<sup>-1</sup> de N. O aumento das doses de N promoveu respostas quadráticas na produtividade, nas doses de 0; 62,5, 125g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-etil e aumento linear na dose de 187,5 g ha<sup>-1</sup> do redutor. A aplicação de 0, 62,5, 125 e 187,5 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-etil permite utilizar as doses de 83,46; 92,21; 100,95 e 150 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente. A dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N sem aplicação de trinexapac-etil promove a maior produtividade dos grãos.

**Termos para indexação:** *Triticum aestivum*, altura de plantas, acamamento, produtividade.

## DOSES OF NITROGEN AND THE GROWTH RETARDANT TRINEXAPAC-ETHYL IN WHEAT CROP

**ABSTRACT** - The objective of this study was to evaluate the effects of doses of nitrogen associated with doses of the growth retardant trinexapac-ethyl on the wheat cultivar Pioneiro. The experiment was conducted in Viçosa-MG from June to October 2006, was arranged in a 5X4 factorial, randomized block design, with four repetitions. The treatments consisted of a combination of five nitrogen doses (30, 60, 90, 120, 150 kg ha<sup>-1</sup>) with four doses of the growth retardant trinexapac-ethyl (0, 62.5, 125, 187.5 g ha<sup>-1</sup>). Lodging and height of plants increased linearly with increase of the nitrogen doses and decreased with the increase of trinexapac-ethyl doses. Yield decreased with increase of trinexapac-ethyl doses at the levels of 30 and 60 kg ha<sup>-1</sup> of N, gave quadratic responses at 90 and 120 kg ha<sup>-1</sup> of N and increased linearly at 150 kg ha<sup>-1</sup> of N. The increase in N doses produced quadratic responses for yield at doses 0; 62.5 and 125g ha<sup>-1</sup> of trinexapac-ethyl and linear increase at 187.5 g ha<sup>-1</sup>. The application of 0, 62.5, 125 and 187.5 g ha<sup>-1</sup> of trinexapac-ethyl allows the use of 83.46; 92.21; 100.95 and 150 kg ha<sup>-1</sup> of N respectively. The highest grain yield was obtained with 60 kg ha<sup>-1</sup> N without trinexapac-ethyl.

**Keywords:** *Triticum aestivum*, plant height, lodging, yield.

## INTRODUÇÃO

A fertilização nitrogenada tem contribuído de maneira significativa para altos rendimentos dos cereais (Nakagawa *et al.*, 1995). No entanto, a eficiência e, ou a resposta dos genótipos de trigo ao nitrogênio aplicado, em relação à produtividade de grãos, depende, dentre outros fatores, da dose de N aplicada (Freitas *et al.*, 1995). A utilização de doses cada vez mais elevadas deste nutriente, a fim de aumentar a produtividade, acarreta em elevado desenvolvimento vegetativo, o que causa acamamento de plantas e interfere negativamente na produtividade e na qualidade dos grãos (Buzetti *et al.*, 2006).

O acamamento de plantas pode ser minimizado com o uso de cultivares resistentes, aplicação de menores quantidades de adubo nitrogenado ou com o uso de redutores de crescimento, que além da redução do tamanho da planta proporcionam melhor aproveitamento de nutrientes, em razão das alterações fisiológicas que exercem sobre a mesma (Buzetti *et al.*, 2006).

Os redutores de crescimento são substâncias químicas naturais ou sintéticas que podem ser aplicadas diretamente sobre os vegetais. Esta prática altera os processos vitais ou estruturais, por meio de modificações no balanço hormonal das plantas, com a finalidade de aumentar a produção, melhorar a qualidade ou facilitar a colheita (Lamas, 2001; Mateus *et al.*, 2004).

No ano de 2002 foi lançado no mercado brasileiro, para as culturas de trigo e cevada, o trinexapac-etil, um redutor com forte ação na inibição da alongação dos entrenós o que reduz a estatura e evita o acamamento das plantas (Rodrigues *et al.*, 2003). Este redutor pertence ao grupo das acilciclohexanoedionas, as quais inibem dioxigenases dependente do 2-oxoglutarato na etapa 3 da biossíntese de giberelina. Acilciclohexanoedionas, como o éster trinexapac-etil, são estruturalmente similares ao 2-oxoglutarato e são, portanto, inibidores da atividade da dioxigenase por competição pelo sítio de ligação do cosubstrato, 2-oxoglutarato (Srivastava, 2002). Nas plantas, o trinexapac-etil é absorvido predominantemente pelas folhas e gemas terminais, sendo a absorção radicular muito limitada. A translocação é relativamente rápida e os sintomas de inibição do crescimento podem ser observados em até 48 horas após a aplicação. Atua seletivamente através da redução do nível de giberelina ativa, induzindo a planta a uma inibição temporária ou redução na taxa de crescimento, sem afetar o processo de fotossíntese, a integridade da gema apical e o volume de massa radicular (Freitas *et al.*, 2002).

Para a cultura do trigo, o uso de trinexapac-etil e o aumento da dose de nitrogênio são efetivos no aumento da produtividade. O aumento da estatura das plantas proporcionado pelo nitrogênio é minimizado pela utilização do redutor, sendo o uso combinado desses fatores

uma estratégia para evitar o acamamento e para a obtenção de altas produtividades (Zagonel *et al.*, 2002a). No entanto, é necessário estabelecer a combinação adequada entre as doses de nitrogênio e de trinexapac-etil, para cada cultivar e condição de cultivo.

Diante disso, o objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos de doses de nitrogênio associadas às do redutor de crescimento trinexapac-etil na cultura do trigo, utilizando a cultivar Pioneiro.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Experimental Diogo Alves de Mello da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG (20°45' S e 42°51' W e altitude de 650 m), no período de junho a outubro de 2006. Dados diários de temperatura máxima, média e mínima, precipitação pluvial e umidade relativa do ar, durante todo período do experimento, foram obtidos pela estação climatológica principal do Departamento de Engenharia Agrícola da referida universidade (Figura 1).

A área utilizada para implantação do experimento tem sido cultivada nos últimos anos com soja (verão) e trigo (inverno). O solo é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo (Fase Terraço), antigo Podzólico Vermelho-Amarelo (Embrapa, 2006) e suas características químicas, determinadas na camada de 0 a 20 cm, encontram-se na Tabela 1.

O preparo do solo foi realizado por meio de uma aração e duas gradagens. A adubação foi feita em pré-semeadura utilizando-se 250 kg ha<sup>-1</sup> do formulado comercial 08-28-16 mais dose complementar de nitrogênio, conforme requerimento do tratamento, aplicado na forma de sulfato de amônio. A semeadura, realizada com auxílio de uma semeadora própria para parcelas experimentais, foi efetuada no dia 12 de junho de 2006. A colheita foi realizada dia 14 de outubro de 2006.

O experimento foi montado seguindo um esquema fatorial 5 x 4, no delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram cinco doses de nitrogênio (30, 60, 90, 120, 150 kg ha<sup>-1</sup>), combinados com quatro doses do redutor de crescimento trinexapac-etil (4-ciclopropil (hidróxi) metileno-3,5-dioxociclohexano carboxilato de etila) (0, 62,5, 125, 187,5 g ha<sup>-1</sup>). Cada parcela foi formada por sete linhas com 5 m de comprimento espaçadas entre si por 0,184 m. A área útil da parcela, 2,208 m<sup>2</sup>, foi constituída pelas três linhas centrais, sendo eliminado 0,5 m em ambas as extremidades das linhas.

Foi utilizada a cultivar Pioneiro que possui porte médio e é moderadamente resistente ao acamamento (Embrapa, 2005). Toda a dose de nitrogênio foi aplicada por ocasião da semeadura. O redutor de crescimento foi aplicado no estágio 8 da escala de Feeks e Large,

onde as plantas se encontravam em alongação com o segundo nó já formado. As aplicações dos redutores foram realizadas utilizando-se pulverizador costal, à pressão constante de 2,5 bar  $\text{pol}^{-2}$ , pressionado por  $\text{CO}_2$  comprimido, com dois bicos de jato tipo leque (XR 110-015) espaçados em 0,5 m. Foi aplicado volume equivalente a 150 L  $\text{ha}^{-1}$  de calda.

O acamamento de plantas foi determinado por meio da medição direta da área acamada, dentro da parcela útil, e transformação para percentagem. A altura de plantas foi obtida pela avaliação de quinze plantas ao acaso, por parcela, medindo-se do coleto até o ápice da espiga e excluindo-se as aristas. O comprimento do pedúnculo, comprimento entre o último nó e a base da espiga, e o diâmetro do pedúnculo, determinado a cinco cm de altura a partir do último nó, foram avaliados em 100 plantas colhidas em seqüência na fileira central da parcela. A massa de mil grãos foi determinada segundo Brasil (1992) e a massa do hectolitro utilizando balança apropriada, a partir dos grãos colhidos das plantas da parcela útil. O Número de espigas  $\text{m}^{-2}$  foi determinado pela contagem direta, em três segmentos de 1 m de fileira, tomados ao acaso na parcela útil. O Número de grãos espiga<sup>-1</sup>, a massa seca da parte aérea, e o índice de colheita (razão entre a produtividade de grãos e a massa seca da parte aérea, ambas a 0% de umidade), foram determinados em 100 plantas colhidas em seqüência na fileira central da parcela. A produtividade de grãos, com umidade corrigida para 13%, foi determinada a partir dos grãos colhidos das plantas da parcela útil e transformação para  $\text{kg ha}^{-1}$ .

Para análise estatística utilizou-se o programa SAEG 8.0 (Funarbe, 2000). Os dados foram submetidos à análise de variância. As características influenciadas pelas doses de nitrogênio ou redutor de crescimento foram submetidas a análises de regressão e as características influenciadas pelos dois fatores simultaneamente foram submetidas à análise de superfície de resposta. Para as características cuja análise de superfície de resposta não explicou o fenômeno, isolaram-se as doses de um fator e variaram-se as do outro, estudando-se assim os efeitos de doses de um fator dentro de cada doses do outro. Em todos os casos, os modelos foram escolhidos segundo as equações com melhores ajustes, confirmados pelos maiores valores dos coeficientes de determinação ( $r^2/R^2$ ) e pela significância dos coeficientes de regressão ( $\beta_i$ ) e do teste F da regressão, ambos a até 10% de probabilidade, bem como pelo fenômeno biológico. As significâncias dos coeficientes de regressão ( $\beta_i$ ) foram apresentadas na equação admitindo-se \*, \*\* e \*\*\* como significativos a 1, 5 e 10% respectivamente.

## RESULTADOS

As características acamamento de plantas, altura de plantas e comprimento do pedúnculo aumentaram linearmente com o incremento das doses de nitrogênio e decresceram linearmente com o aumento das doses de trinexapac-etil (Figuras 2, 3 e 4).

O diâmetro do pedúnculo aumentou linearmente com o acréscimo das doses de nitrogênio (Figura 5).

A massa seca da parte aérea decresceu linearmente com o aumento das doses de trinexapac-etil quando as plantas foram tratadas com 30, 60 ou 90 kg ha<sup>-1</sup> de N. Por outro lado, nas doses de 120 e 150 kg ha<sup>-1</sup> de N, o incremento das doses do redutor resultou em aumentos lineares dos valores desta característica (Figura 6). As doses de nitrogênio promoveram incrementos lineares na massa seca da parte aérea das plantas tratadas com 125 e 187,5 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-etil e respostas quadráticas nos tratamentos com 0 e 62,5 g ha<sup>-1</sup> do redutor, com pontos de máxima, 13.030 e 13.078 kg ha<sup>-1</sup>, sendo estimados nas doses de 102,90 e 129,70 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente (Figura 7).

A massa do hectolitro decresceu de forma linear, com o incremento das doses de nitrogênio e aumentou de forma linear com o incremento das doses de trinexapac-etil (Figura 8).

A massa de mil grãos dos tratamentos com 60 e 90 kg ha<sup>-1</sup> de N decresceu linearmente com o aumento das doses de trinexapac-etil. Nas doses de 30 e 120 e 150 kg ha<sup>-1</sup> de N as doses do redutor promoveram respostas quadráticas. Os pontos de máxima, 34,70; 33,41 e 32,98 g foram obtidos nas doses 75; 164,75 e 158 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-etil, respectivamente (Figura 9). As doses de nitrogênio promoveram resposta quadrática da massa de mil grãos no tratamento com 0 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-etil, com ponto de máxima, 34,17 g, estimado na dose 55,28 g ha<sup>-1</sup> do redutor. Nos tratamentos com 62,5 ou 125 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-etil, houve decréscimo linear da massa de mil grãos em função das doses de N e, na dose de 187,5 g ha<sup>-1</sup> do redutor, não houve efeito das doses de N para esta característica (Figura 10).

O número de espigas m<sup>-2</sup> aumentou linearmente com o aumento das doses de nitrogênio e respondeu de forma quadrática ao aumento das doses de trinexapac-etil, com ponto de menor número de espigas m<sup>-2</sup> (413,46 espigas m<sup>-2</sup>) obtido na dose de 70,84 g ha<sup>-1</sup> (Figura 11).

O número de grãos espiga<sup>-1</sup> respondeu de forma quadrática ao aumento das doses de nitrogênio com número máximo de grãos espiga<sup>-1</sup>, 44,08 grãos espiga<sup>-1</sup>, sendo estimado na dose de 128,90 kg ha<sup>-1</sup> de N (Figura 12).

A produtividade dos grãos decresceu linearmente com o aumento das doses de trinexapac-etil nas doses de 30 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, respondeu de forma quadrática nas doses de

90 e 120 kg ha<sup>-1</sup>, com pontos de máximas (5.149 e 4.868 kg ha<sup>-1</sup> de grãos) estimadas nas doses de 33,014 e 114,25 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-etil e, aumentou linearmente na dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 14). As doses de nitrogênio promoveram respostas quadráticas para a produtividade dos grãos nos tratamentos com 0, 62,5 e 125 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-etil, e as produtividades máximas (5.091; 5.112 e 4.897 kg ha<sup>-1</sup>), foram estimadas nas doses de 83,46; 92,21 e 100,95 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente. Na dose de 187,5 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-etil o aumento das doses de N promoveu acréscimo linear na produtividade dos grãos (Figura 15).

O índice de colheita respondeu de forma linear ao aumento das doses de trinexapac-etil e de forma quadrática ao aumento das doses de nitrogênio. O índice de colheita máximo, estimado na dose de 86,20 kg ha<sup>-1</sup> de N foi de 0,4921 (Figura 16).

## DISCUSSÃO

O aumento do acamamento de plantas, em função das doses de N, corrobora os resultados encontrados em aveia-preta (Nakagawa *et al.*, 2000). O aumento no suprimento de N estimula o desenvolvimento vegetativo (Buzetti *et al.*, 2006), diminui a tenacidade dos tecidos e, entre outros efeitos fitotécnicos, contribui para o incremento do rendimento de grãos (Coelho *et al.*, 1998; Buzetti *et al.*, 2006). Esses fatores combinados contribuem para o acamamento de plantas, que é causado pela baixa resistência do colmo, maior massa das espigas maduras, ventos entre outros fatores (Taiz e Zeiger 2004).

O decréscimo linear do acamamento de plantas, em função das doses trinexapac-etil, concorda com os relatos de Zagonel *et al.* (2001). Isto acontece porque os redutores de crescimento diminuem a altura de plantas em cereais, pela redução do comprimento dos entrenós e, aumentam a densidade dos tecidos. A combinação desses dois efeitos resulta em maior firmeza da planta reduzindo o potencial de acamamento (Wiersma, 2005). Assim, a aplicação de trinexapac-etil minimiza os efeitos de acamamento provocado pelas elevadas doses de N.

Para a altura de plantas, o aumento linear em função da dose de N, concorda com o resultado obtido em arroz, submetido às doses de 0, 50, 100 e 150 kg ha<sup>-1</sup> de N (Buzetti *et al.*, 2006). Isso ocorreu porque, segundo Marschner (1995) o N estimula a alongação do caule. Ainda para esta característica, o decréscimo linear em função das doses de trinexapac-etil, também foi relatado para cultivares de trigo tratados com doses de 0; 31,2; 62,5; 93,7; 125,0 e 156,2 g ha<sup>-1</sup> deste redutor de crescimento (Zagonel e Fernandes, 2007). A redução na altura de plantas ocorreu, presumivelmente, porque o trinexapac-etil reduz a alongação da célula nos tecidos vegetais bloqueando a biossíntese do ácido giberélico (Heckman *et al.*, 2002).

O comprimento do pedúnculo é o principal componente da altura de plantas. Portanto, os resultados obtidos podem ser interpretados de maneira análoga ao ocorrido com a altura de plantas.

Os efeitos das doses de nitrogênio sobre o diâmetro do pedúnculo, reforçam a indicação de aumento do desenvolvimento vegetativo das plantas. Por outro lado, o fato do redutor de crescimento não ter afetado esta característica, sugere que a redução do acamamento causado pelo trinexapac-etil não está relacionada com o diâmetro do pedúnculo. Ausência de respostas para esta característica também foi encontrada nas cultivares Alcover e CD-104, quando submetidas às doses de trinexapac-etil (Zagonel e Fernandes, 2007).

A resposta de produção de massa seca da parte aérea às doses de trinexapac-etil, pode ser influenciada por fatores como cultivar, épocas de aplicação e doses de nitrogênio empregadas. Plantas de trigo da cultivar IAPAR-53, cultivadas com 125 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-etil apresentaram menores massas secas do que aquelas não tratadas com este redutor (Zagonel *et al.*, 2002a). Por outro lado, plantas de trigo cultivar OR-1 tratadas com 0 e 125 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-etil não apresentaram diferenças significativas para esta característica (Zagonel *et al.*, 2002b). Assim, os decréscimos lineares da massa seca da parte aérea, em função das doses de trinexapac-etil, nos tratamentos com 30, 60 ou 90 kg ha<sup>-1</sup> de N sugerem redução no desenvolvimento da parte vegetativa e do enchimento de grãos, decorrentes, presumivelmente, do decréscimo do índice de área foliar. Por outro lado, os acréscimos lineares da massa seca, obtidos nas doses de 120 e 150 kg ha<sup>-1</sup> de N, possivelmente, estão relacionados à redução do acamamento promovido pelas doses de trinexapac-etil. Os comportamentos quadráticos encontrados nos tratamentos com 0 ou 62,5 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-etil, quando se elevaram as doses de N, podem ser explicadas pelos maiores acamamentos que ocorreram nas doses mais elevadas de N. Os incrementos lineares na massa seca, observados nas doses de 125 e 187,5 g ha<sup>-1</sup> do redutor de crescimento, sugerem que estes tratamentos, ajudam a evitar ou mitigar o acamamento das plantas, permitindo assim, o aumento do desenvolvimento vegetativo e, conseqüentemente, da produtividade, quando se elevam os níveis de N.

Para massa do hectolitro, decréscimos lineares em função do aumento das doses de nitrogênio também foram relatados para a cultivar BR10-Formosa (Frizzone *et al.*, 1996) e para as cultivares EMBRAPA-22 e EMBRAPA-42 (Trindade *et al.*, 2006). Estes últimos autores sugerem que isso pode ser atribuído à maior competição entre os grãos por fotoassimilados, uma vez que o aumento da dose de nitrogênio aumentou o número de grãos por unidade de área, fato que também pode explicar o que ocorreu no presente estudo, pois o número de grãos espiga<sup>-1</sup> também aumentou com o aumento das doses de N. Com relação à

aplicação de trinexapac-etil, o aumento da massa do hectolitro pode ser atribuído aos menores índices de acamamento e ao maior aproveitamento dos recursos do meio, decorrentes das modificações morfológicas da planta promovidas pelas maiores doses do redutor.

O decréscimo da massa de mil grãos, em função do aumento das doses de trinexapac-etil, quando as plantas foram tratadas com 30; 60 ou 90 kg ha<sup>-1</sup> de N, podem estar relacionados com o decréscimo da área foliar, e conseqüentemente da quantidade de fotoassimilados produzidos, decorrentes do aumento das doses deste redutor. Resultados semelhantes foram encontrados com as cultivares IAPAR-53 e OR-1 que, quando tratadas com 0 ou 125 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-etil, apresentaram maiores massas de mil grãos na ausência deste redutor (Zagonel *et al.*, 2002a; Zagonel *et al.*, 2002b). O comportamento quadrático das massas de mil grãos, nas doses de 120 e 150 kg ha<sup>-1</sup> de N, sugerem que com estas quantidades de nitrogênio, a elevação das doses de trinexapac-etil minimiza os efeitos prejudiciais do auto suprimento de N sobre esta característica.

A resposta quadrática da massa de mil grãos em função das doses de N, observada no tratamento com 0 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-etil, sugere que a elevação da quantidade de N permite acréscimos no estado nutricional das plantas e, conseqüentemente, melhor enchimento de grãos. Entretanto, acima da dose de 55,28 kg ha<sup>-1</sup>, o N promove excessivo crescimento vegetativo, acarretando em auto-sombreamento (Silva, 1991), competição por fotoassimilados (Trindade *et al.*, 2006) e acamamento de plantas (Buzetti *et al.*, 2006). Sendo este último, o mais prejudicial, por bloquear os fluxos dos vasos condutores, promover o sombreamento das plantas que se encontram na parte inferior da área acamada e desencadear o processo de germinação dos grãos devido à absorção de umidade do solo, culminando com menor massa de mil grãos. A redução linear da massa de mil grãos, em função das doses de N, observada nas doses de 62,5 e 125 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-etil, assemelha-se às verificadas em arroz (Buzetti *et al.*, 2006) e trigo (Frizzone *et al.*, 1996). Estes resultados sugerem que estas quantidades do redutor não são suficientes para evitar os efeitos negativos do aumento das doses de N sobre esta característica. Por outro lado, a ausência de efeito significativo na dose de 187,5 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-etil, indica que com esta dose, os fenômenos supracitados são reduzidos.

O aumento do número de espigas m<sup>-2</sup>, em função das doses de N ocorreu, presumivelmente, devido ao maior perfilhamento provocado pelo alto suprimento deste nutriente. Acréscimo da densidade de panículas de arroz, em função da dose de N, também foi encontrado quando se aplicaram 0 e 75 kg ha<sup>-1</sup> (Mauad *et al.*, 2003). Com o aumento das doses de trinexapac-etil esperavam-se incrementos lineares do número de espiga m<sup>-2</sup> devido à maior penetração de radiação solar e, conseqüente, estímulo ao desenvolvimento dos

perfilhos, mas isso não ocorreu. Desta forma, não foram encontradas respostas biológicas para a resposta quadrática observada para esta característica.

O acréscimo nos valores da característica número de grãos espiga<sup>-1</sup>, em função das doses de N, pode estar relacionado à condição nutricional da planta, no momento da diferenciação do meristema vegetativo em reprodutivo e por não ter ocorrido abortamento das flores e, ou espiguetas em função de deficiência nutricional. O comportamento quadrático, possivelmente ocorreu devido às limitações do potencial genético das cultivares. Respostas lineares para esta característica foram encontradas para trigo na cultivar EMBRAPA-22 (Coelho *et al.*, 1998) e arroz (Buzetti *et al.*, 2006).

O decréscimo da produtividade de grãos, em função das doses de trinexapac-etil nas doses de 30, 60 e 90 kg ha<sup>-1</sup> de N, não se assemelha aos relatos da literatura, onde podem ser observadas, respostas quadráticas e aumentos lineares (Zagonel e Fernandes, 2007), ou ausência de efeitos significativos (Buzetti *et al.*, 2006; Matysiak, 2006). Porém, acredita-se que este comportamento pode ser atribuído à menor capacidade fotossintética e menor reserva para translocação de assimilados armazenados no colmo, no momento do enchimento de grãos. Nas doses de 100 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, as respostas quadráticas observadas quando se aumentaram as doses do redutor, assemelham-se aos de Zagonel e Fernandes (2007). Isto ocorreu devido à redução do acamamento e às modificações na arquitetura das plantas, pois estas se apresentaram mais compactas e com folhas menos decumbentes, evitando o auto-sombreamento e aumentando a fotossíntese pela captação de radiação solar. Contudo, é importante ressaltar que a colheita das parcelas foi feita manualmente, ceifando-se e recolhendo-se todas as plantas da parcela útil, inclusive as acamadas, o que não ocorre em plantios comerciais, onde boa parte das plantas acamadas fica abaixo da linha de corte da colhedora e, portanto, onde a produtividade dos grãos, nas áreas acamadas, certamente seria menor.

As respostas quadráticas da produtividade, em função das doses de N, nos tratamentos com 0; 62,5 e 125 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-etil, sugerem que com estas quantidades de redutor é possível aumentar as doses de N até 83,46; 92,21 e 100,95 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Em doses de N superiores, a produtividade é prejudicada pelo acamamento e, ou excesso de desenvolvimento vegetativo. Respostas quadráticas ao aumento das doses de N também foram relatadas para arroz (Buzetti *et al.*, 2006) e trigo (Coelho *et al.*, 1998; Trindade *et al.*, 2006). O incremento linear da produtividade, na dose de 187,5 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-etil assemelha-se ao relatado para arroz (Buzetti *et al.*, 2006). Este resultado permite inferir que a redução do acamamento das plantas e as modificações promovidas por esta dose de trinexapac-etil,

permitem o incremento constante da produtividade, sob a elevação do nível de N, até a maior dose (150 kg ha<sup>-1</sup>) estudada neste trabalho.

O comportamento quadrático observado na característica índice de colheita quando se elevaram as doses de nitrogênio é semelhante ao relatado para trigo, cultivar EMBRAPA-22, em dois anos de cultivo (Coelho *et al.*, 1998). Isso acontece porque aplicações de N causam aumentos no desenvolvimento vegetativo e reduções no índice de colheita, uma vez que aumentos no rendimento de grãos são proporcionalmente menores do que o aumento no desenvolvimento vegetativo (Kolchinski e Schuch, 2002). Assim, o incremento do índice de colheita, até a dose de 86,20 kg ha<sup>-1</sup> de N, pode estar relacionado ao alcance da dose ótima, enquanto que o decréscimo após esta dose pode relacionar-se a desproporcionalidade entre o rendimento de grãos e o desenvolvimento vegetativo, acima citados.

O aumento linear do índice de colheita com o aumento das doses de trinexapac-etil, foi semelhante ao relatado para a cultivar Alcover (Zagonel e Fernandes 2007). Isto acontece porque o decréscimo no comprimento do colmo e folhas, promovido pelas doses do redutor, culmina com a redução da massa vegetativa.

## CONCLUSÕES

- A aplicação de 0; 62,5; 125 e 187,5 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-etil permite utilizar as doses de 83,46; 92,21; 100,95 e 150 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente.
- A dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N sem aplicação de trinexapac-etil promove a maior produtividade dos grãos.

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelas bolsas e auxílios concedidos.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 1992. 365 p.

BUZETTI, S.; BAZANINI, G.C.; FREITAS, J.G.; ANDREOTTI, M.; ARF, O; SÁ, E.; MEIRA, F.A. Resposta de cultivares de arroz a doses de nitrogênio e do regulador de

crescimento cloreto de cloromequat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.12, p.1731-1737, 2006.

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 Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, p.555-561, 1998.

EMBRAPA. Informações técnicas para a cultura de trigo na Região do Brasil Central: safra – 2005 e 2006. *In. Reunião da Comissão Centro Brasileira de Pesquisa de Trigo*. Goiânia-GO, 2004. (Documentos / Embrapa Arroz e feijão, ISSN 1516-7518; 173) 2005. 82p.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

FREITAS, F.C.L.; FERREIRA, L.R.; SILVA, A.A.; BARBOSA, J.G.; MIRANDA, G.V. Efeitos do trinexapac-ethyl sobre o crescimento e florescimento da grama-batatais. **Planta Daninha**, Viçosa, v.20, n.3, p.477-486, 2002.

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 de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, p.229-234, 1995.

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

FUNARBE: **SAEG - Sistema para análises estatísticas versão 8.0**. Viçosa-MG. Fundação Arthur Bernardes, 2000.

HECKMAN, N.L.; ELTHON, T.E.; HORST, G.L.; GAUSSOIN, R.E. Influence of trinexapac-ethyl on respiration of isolated wheat mitochondria. **Crop Science**, Madison v.42, p.423-427, 2002.

KOLCHINSKI, E.M.; SCHUCH, L.O.B. Produtividade e utilização de nitrogênio em aveia em função de épocas de aplicação do nitrogênio. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.8, n.2, p.117-121, 2002.

LAMAS, F.M. Estudo comparativo entre cloreto de mepiquat e cloreto de chlormequat aplicados no algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, p.265-272, 2001.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2 ed. London, New York: Academic Press, 1995. 889p.

MATEUS, G.P.; LIMA, E.V.; ROSOLEM, C.A. Perdas de cloreto de mepiquat no algodoeiro por chuva simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.7, p.631-636, 2004.

MATYSIAK, K. Influence of trinexapac-ethyl on growth and development of winter wheat. **Journal of Plant Protection Research**. Poznan, v.46, n.2, p.133-143, 2006.

MAUAD, M.; CRUSCIOL, C.A.C.; GRASSI FILHO, H.; CORRÊA, J.C. Nitrogen and silicon fertilization of upland rice. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.60, p.761-765, 2003.

NAKAGAWA, J.; CAVARINI, C.; MACHADO, J.R. Efeitos da dose e da época de aplicação de N na produção e qualidade de sementes de Aveia Preta. **Científica**, São Paulo, v.23, n.1, p.31-43, 1995.

NAKAGAWA, J.; CAVARINI, C.; MACHADO, J.R. Adubação nitrogenada no perfilhamento da aveia-preta em duas condições de fertilidade do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.6, p.1071-1080, 2000.

RODRIGUES, O.; DIDONET, A.D.; TEIXEIRA, M.C.C.; ROMAN, E.S. **Redutores de crescimento**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003. 18p html. (Embrapa trigo. Circular Técnica On-line; 14) Disponível: [http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/ci/p\\_ci14.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/ci/p_ci14.htm). Acessado em 22 de abril de 2005.

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

SRIVASTAVA, L. M. **Plant growth and development: Hormones and environment.** Academic Press: San Diego. 2002. 772p.

TAIZ, L. e ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TRINDADE, M.G.; STONE, L.F. HEINEMANN, 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.

WIERSMA, J. Optimum time and rate of trinexapac-ethyl plant growth regulator to reduce lodging in hard red spring wheat. In: 2005 wheat research reports. Disponível em: <http://www.smallgrains.org/2005WheatResearchReview.pdf>. Acessado em 05 de janeiro de 2007.

ZAGONEL, J. e FERNANDES, E.C. Doses e épocas de aplicação do redutor de crescimento afetando cultivares de trigo em duas doses de nitrogênio. **Planta Daninha**, Viçosa, v.1, 2007 (No prelo).

ZAGONEL, J.; MILLÉO, M.V.R.; CHRUN, A.S.; KUNZ, R.P. Efeitos do trinexapac-ethyl em características agrônômicas e na produtividade do trigo. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.68 (suplemento), p.61, 2001.

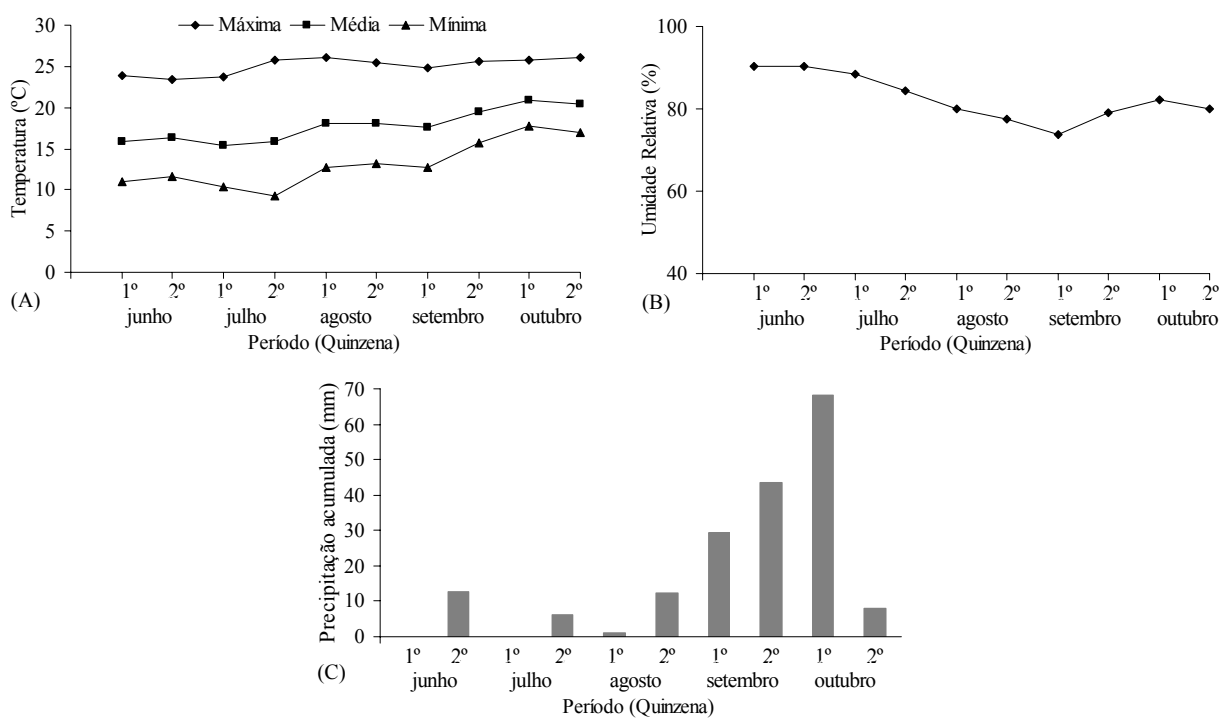
ZAGONEL, J.; VENANCIO, W.S.; KUNZ, R.P. Efeito de reguladores de crescimento na cultura de trigo submetido a diferentes doses de nitrogênio e densidades de plantas. **Planta Daninha**, Viçosa, n.2, p.471-476, 2002a.

ZAGONEL, J.; VENANCIO, W.S.; KUNZ, R.P.; TANAMATI, H. Doses de nitrogênio e densidades 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, 2002b.

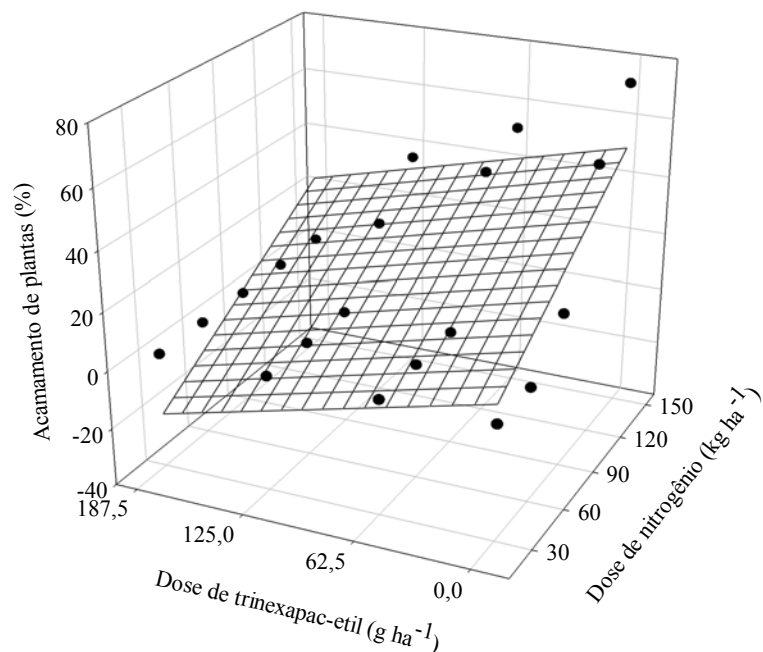
**Tabela 1.** Características químicas do solo da Estação Experimental Diogo Alves de Mello. Viçosa-MG, 2006.

pH	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	SB	CTC(t)	CTC(T)	V	MO
H <sub>2</sub> O	mg dm <sup>-3</sup>		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>						(%)	dag kg <sup>-1</sup>	
5,6	22,9	105	2,3	0,5	0,0	3,47	3,07	3,07	6,54	47	1,73

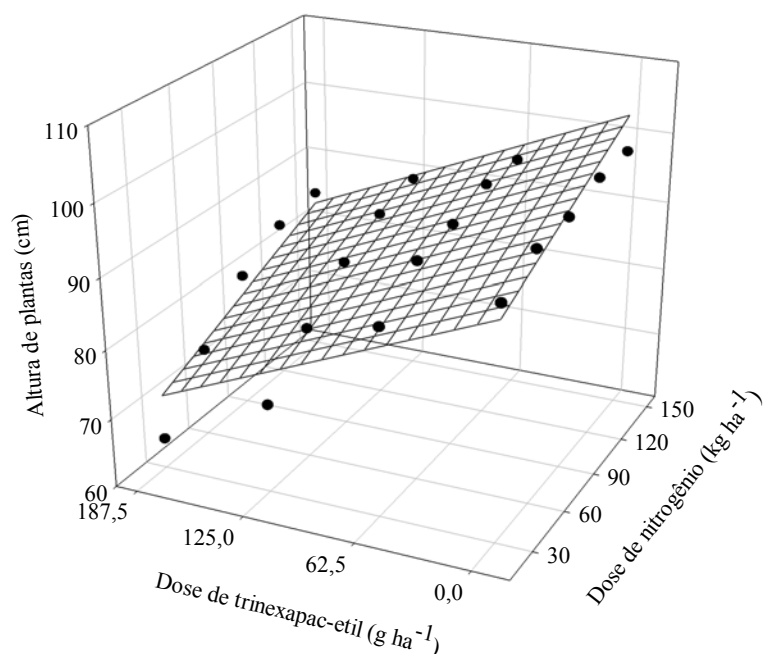
pH (H<sub>2</sub>O - 1:2,5); Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup>: extrator KCl 1 mol L<sup>-1</sup>; P e K; extrator Mehlich 1; H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>: extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> a pH 7,0.



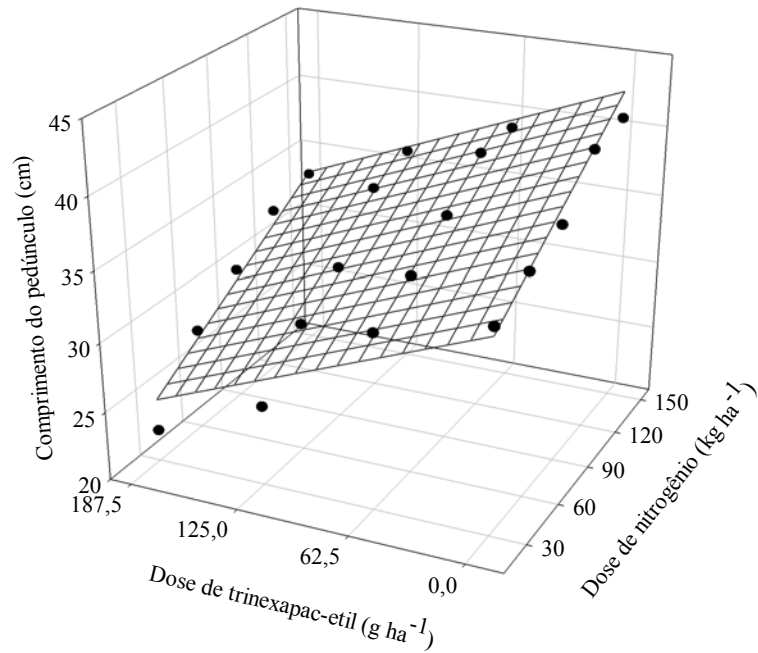
**Figura 1.** Temperaturas: máxima, média e mínima (A); Umidade relativa (B) e Precipitação pluvial (C), no período de junho a outubro. Viçosa-MG, 2006.



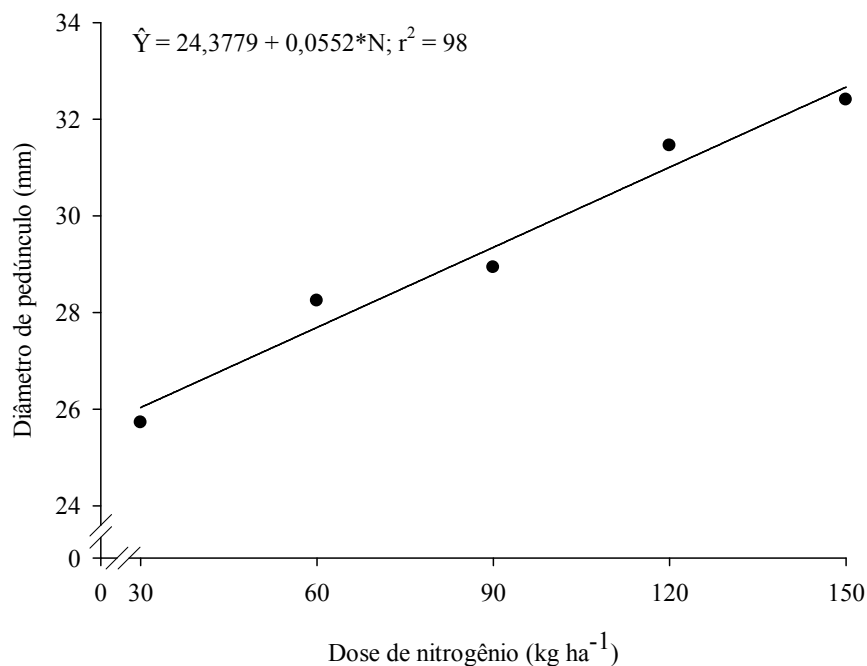
**Figura 2.** Acamamento de plantas de trigo (cultivar Pioneiro), em função de doses de nitrogênio e do redutor de crescimento trinexapac-etil.  $\hat{Y} = -4,7051 + 0,3719*x - 0,1480*z$ ;  $R^2 = 0,81$ . Onde: ( $\hat{Y}$ ) é o acamamento de plantas, ( $x$ ) e ( $z$ ), as doses de nitrogênio e trinexapac-etil, respectivamente. Viçosa, 2006.



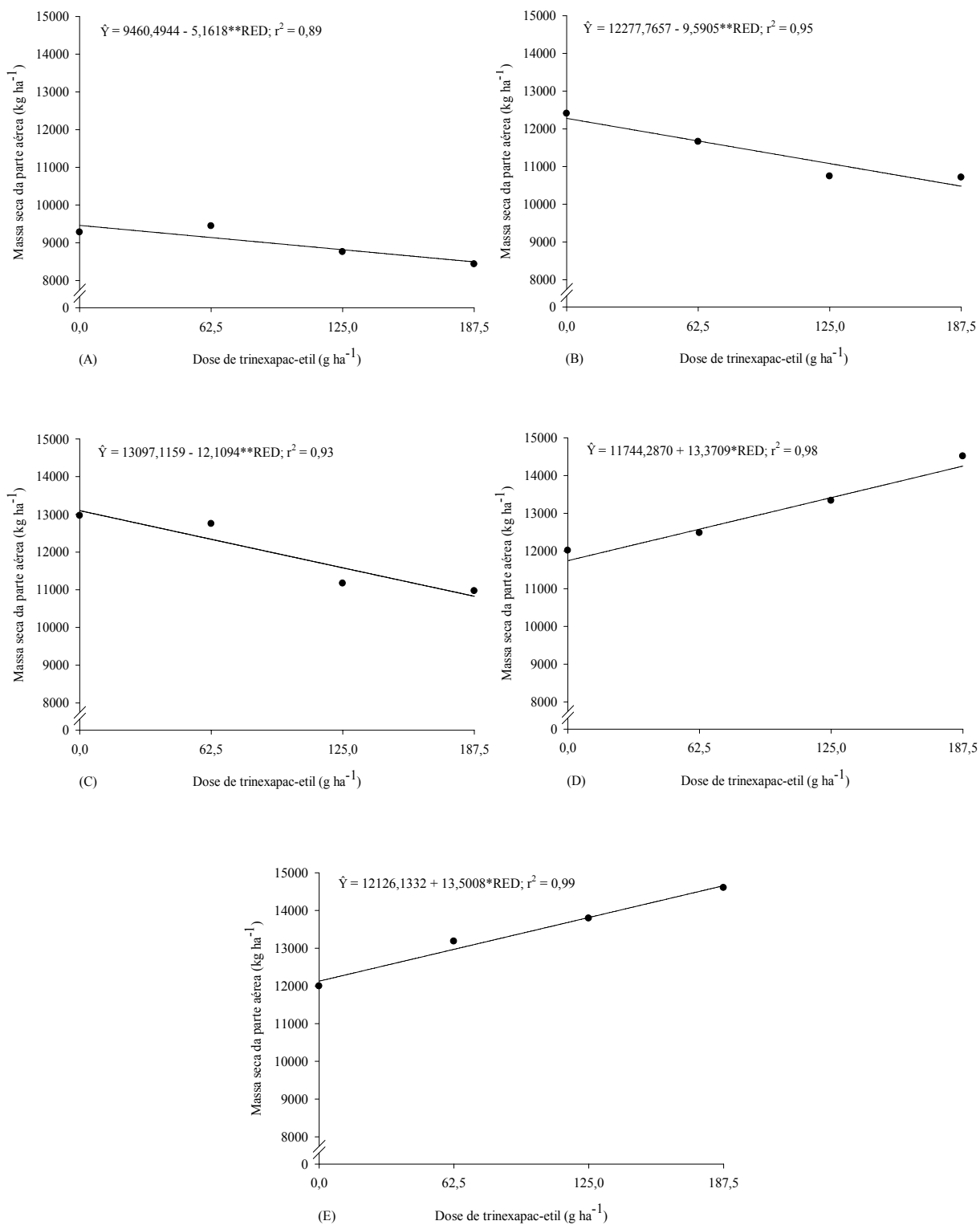
**Figura 3.** Altura de plantas de trigo (cultivar Pioneiro), em função de doses de nitrogênio e do redutor de crescimento trinexapac-etil.  $\hat{Y} = 87,9071 + 0,1003*x - 0,1072*z$ ;  $R^2 = 0,94$ . Onde: ( $\hat{Y}$ ) é a altura de plantas, ( $x$ ) e ( $z$ ), as doses de nitrogênio e trinexapac-etil, respectivamente. Viçosa, 2006.



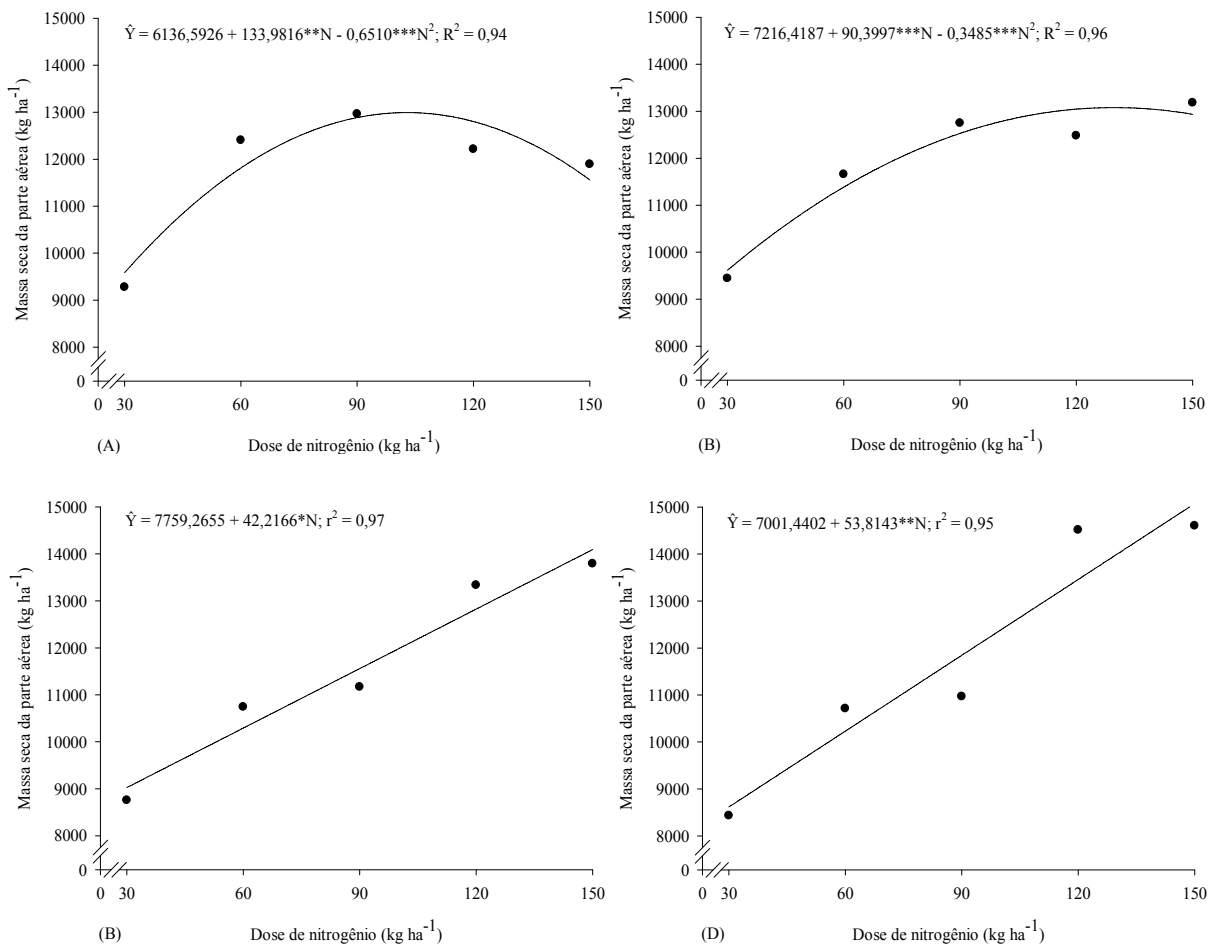
**Figura 4.** Comprimento do pedúnculo de plantas de trigo (cultivar Pioneiro), em função de doses de nitrogênio e do redutor de crescimento trinexapac-etil.  $\hat{Y} = 31,7215 + 0,0728*x - 0,0497*z$ ;  $R^2 = 0,97$ . Onde: ( $\hat{Y}$ ) é o comprimento do pedúnculo, (x) e (z), as doses de nitrogênio e trinexapac-etil, respectivamente. Viçosa, 2006.



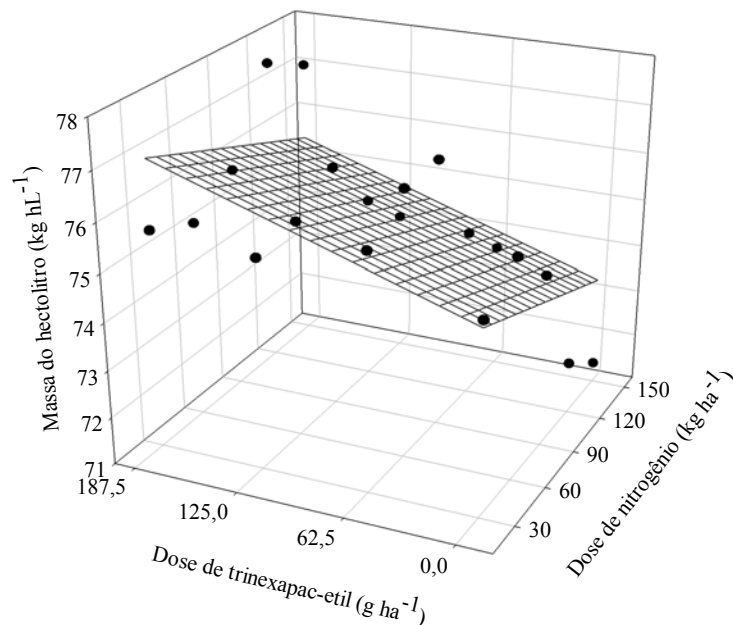
**Figura 5.** Diâmetro do pedúnculo de plantas de trigo (cultivar Pioneiro), em função de doses de nitrogênio. Viçosa, 2006.



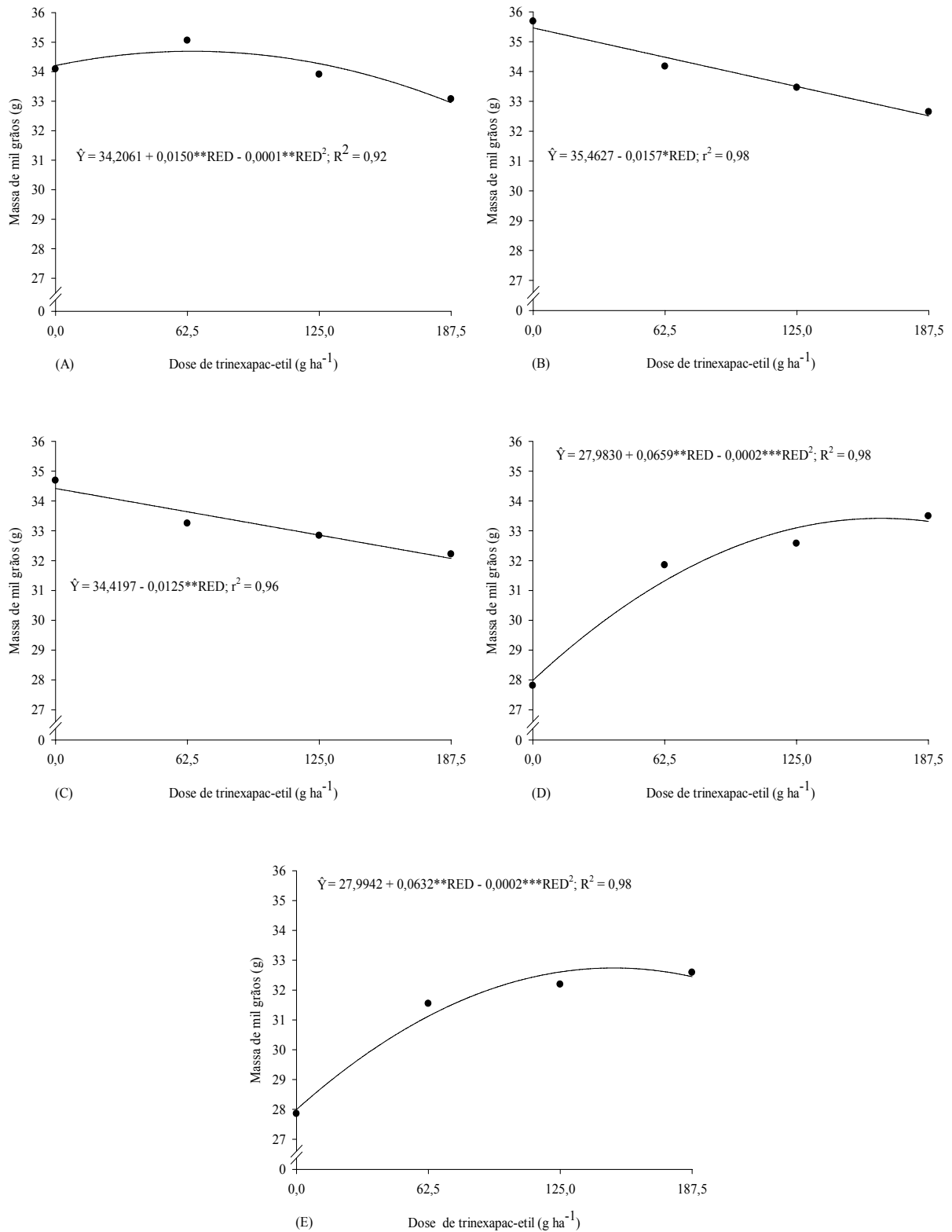
**Figura 6.** Massa seca da parte aérea de plantas de trigo (cultivar Pioneiro), em função de doses de trinexapac-etil. (A) 30 kg ha<sup>-1</sup> de N, (B) 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, (C) 90 kg ha<sup>-1</sup> de N, (D) 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, (E) 150 kg ha<sup>-1</sup> de N. Viçosa, 2006.



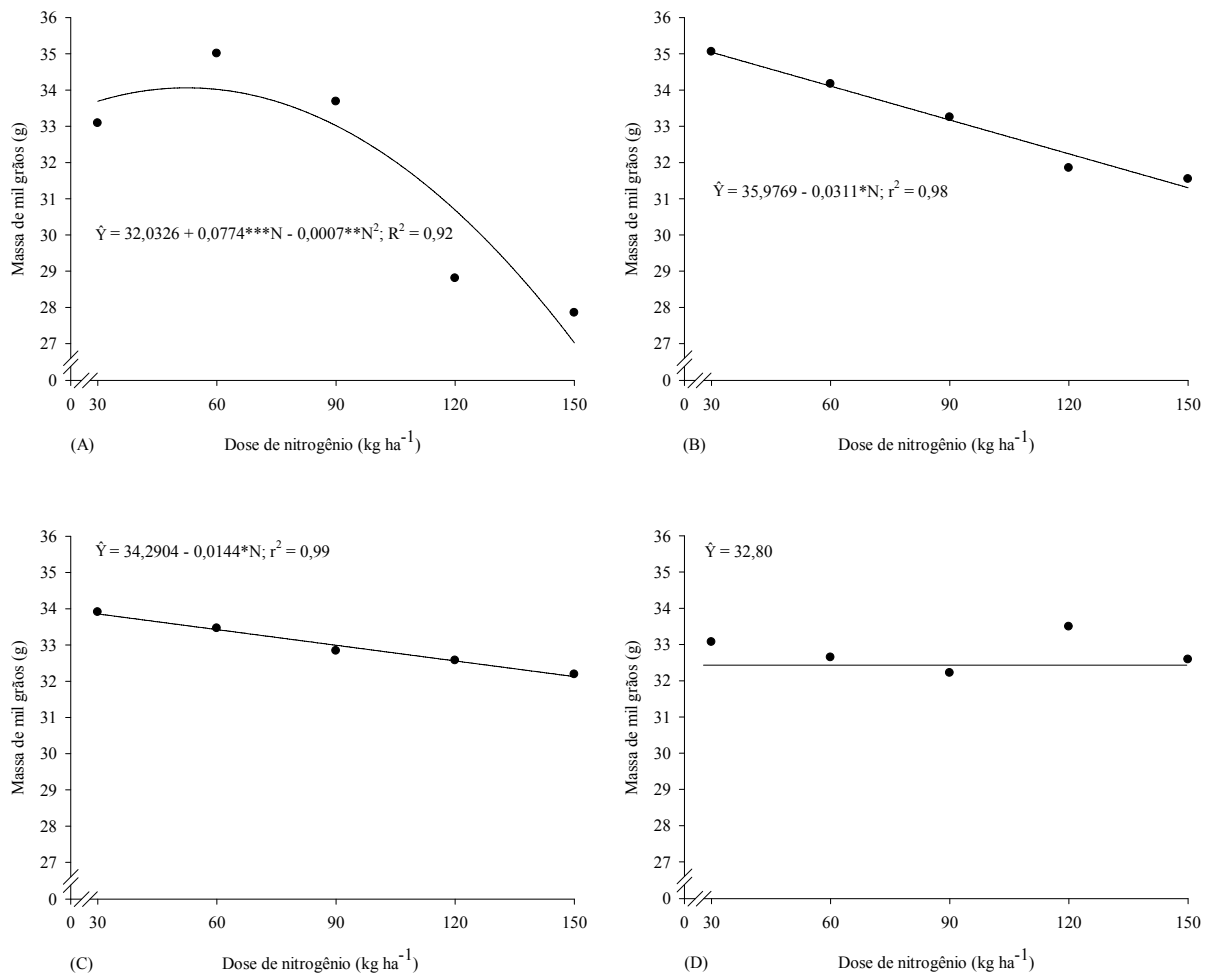
**Figura 7.** Massa seca da parte aérea de plantas de trigo (cultivar Pioneiro), em função de doses de nitrogênio. (A) 0 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-etil, (B) 62,5 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-etil, (C) 125 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-etil, (D) 187,5 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-etil. Viçosa, 2006.



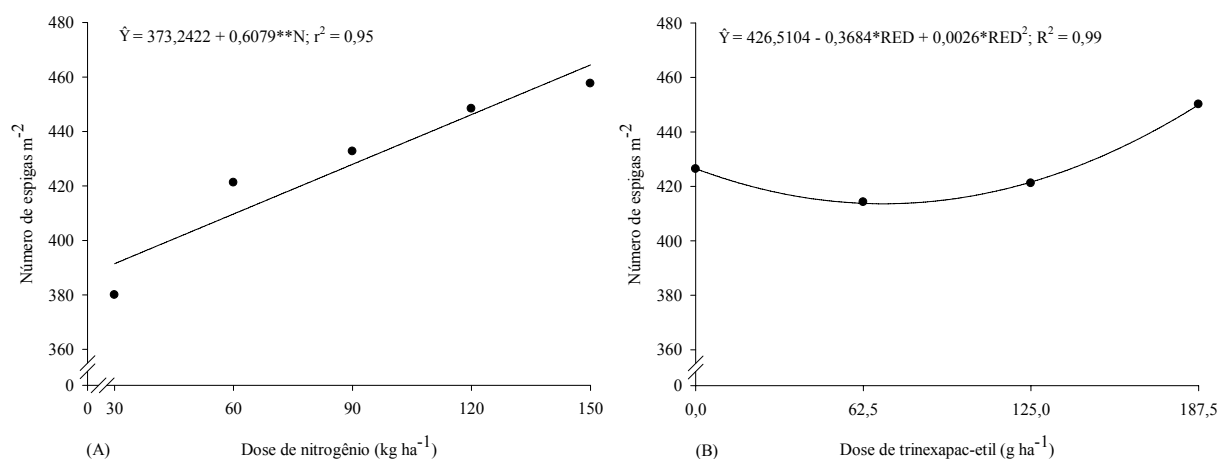
**Figura 8.** Massa do hectolitro dos grãos de trigo (cultivar Pioneiro), em função de doses de nitrogênio e do redutor de crescimento trinexapac-etil.  $\hat{Y} = 75,2450 - 0,0128***x + 0,0112*z$ ;  $R^2 = 0,65$ . Onde: ( $\hat{Y}$ ) é a massa do hectolitro, ( $x$ ) as doses de nitrogênio e ( $z$ ) as doses de trinexapac-etil, respectivamente. Viçosa, 2006.



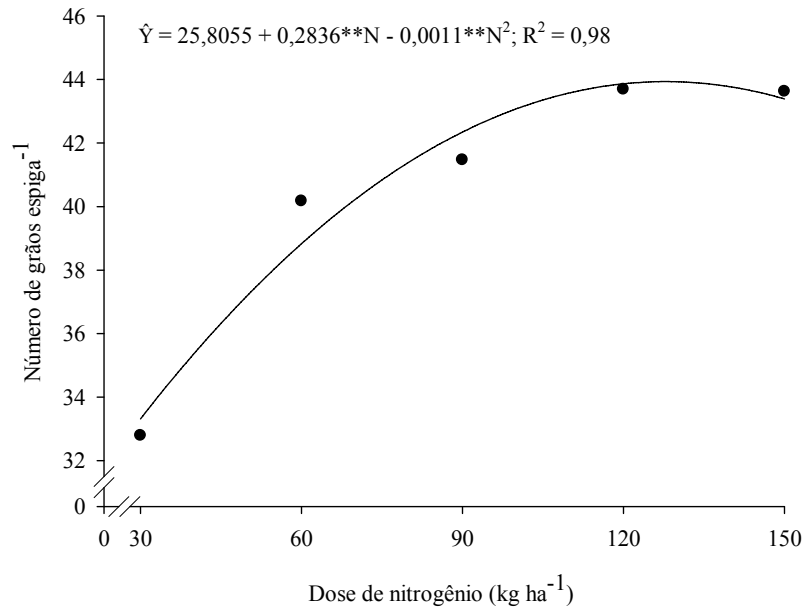
**Figura 9.** Massa de mil grãos de trigo (cultivar Pioneiro), em função de doses de trinexapac-etil. (A) 30 kg ha<sup>-1</sup> de N, (B) 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, (C) 90 kg ha<sup>-1</sup> de N, (D) 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, (E) 150 kg ha<sup>-1</sup> de N. Viçosa, 2006.



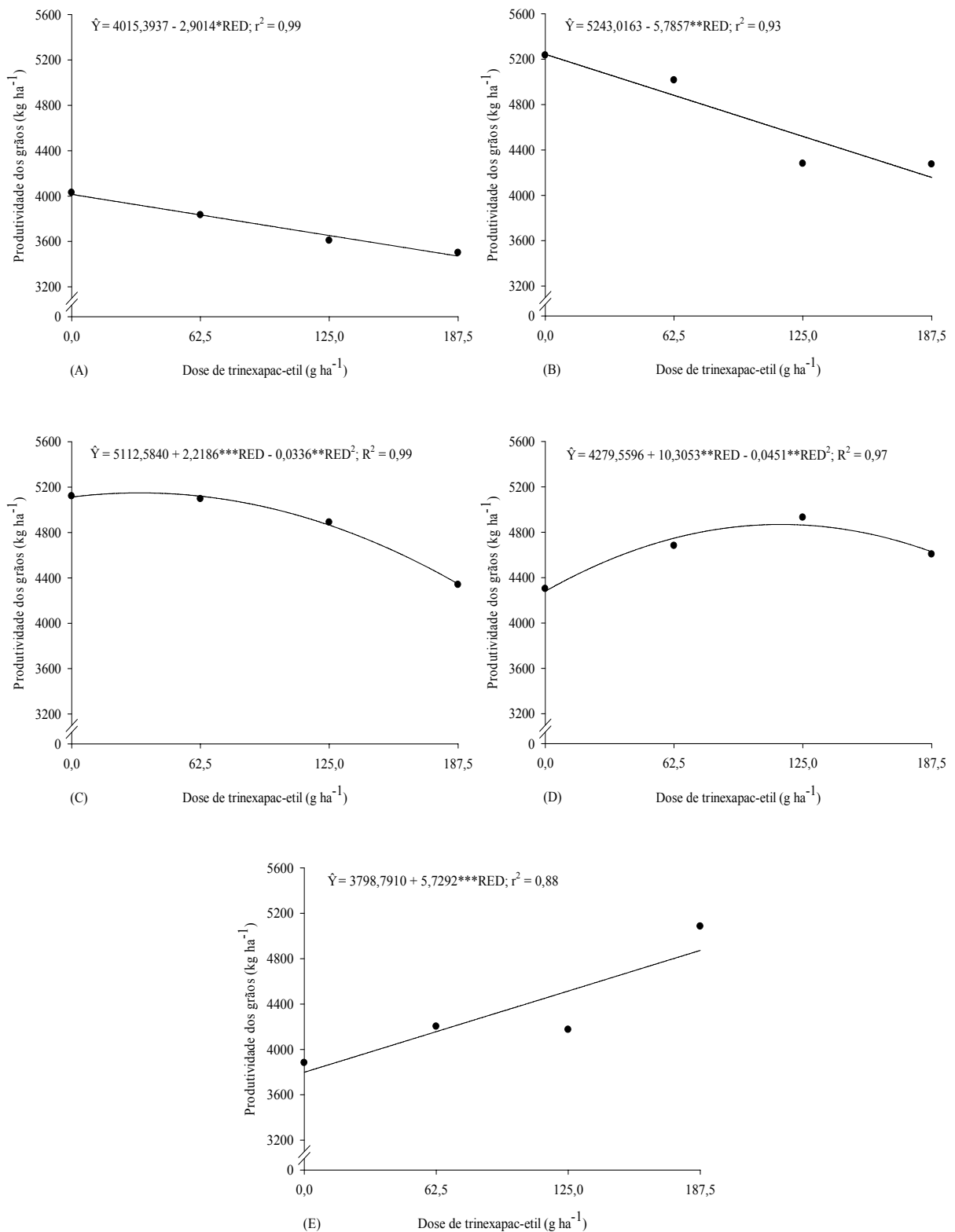
**Figura 10.** Massa de mil grãos de trigo (cultivar Pioneiro), em função de doses de nitrogênio. (A) 0 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-etil, (B) 62,5 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-etil, (C) 125 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-etil, (D) 187,5 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-etil. Viçosa, 2006.



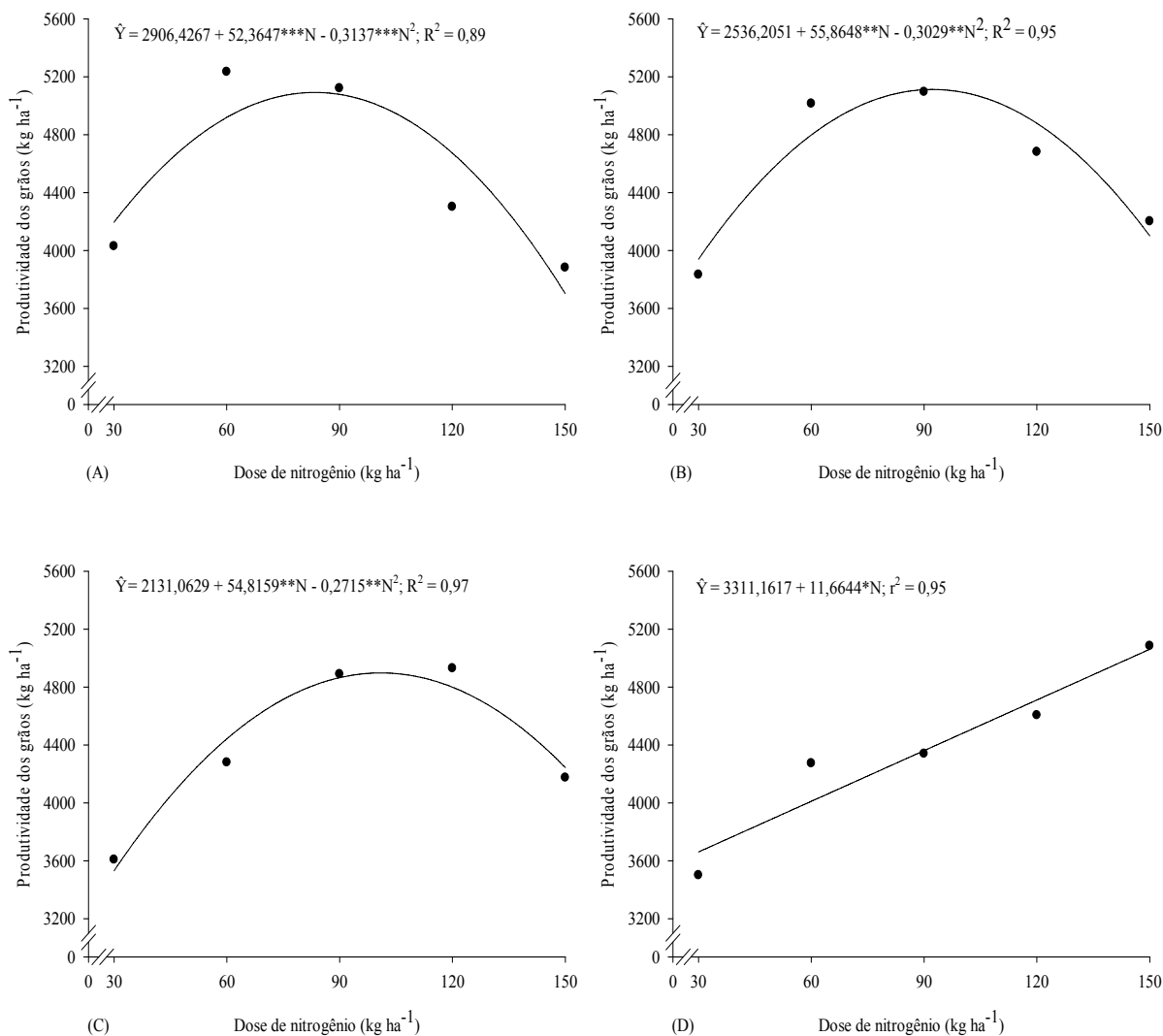
**Figura 11.** Número de espiga m<sup>-2</sup> de trigo (cultivar Pioneiro), em função de: (A) doses de nitrogênio e (B) doses de trinexapac-etil. Viçosa, 2006.



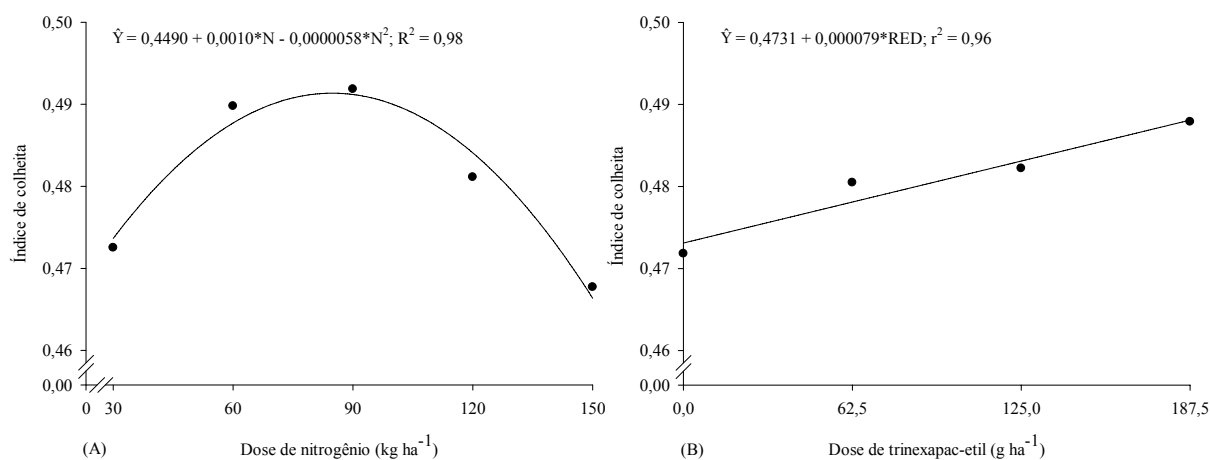
**Figura 12.** Número de grãos espiga<sup>-1</sup> de trigo (cultivar Pioneiro), em função de doses de nitrogênio. Viçosa, 2006.



**Figura 14.** Produtividade dos grãos de trigo (cultivar Pioneiro), em função de doses de trinexapac-etil. (A) 30 kg ha<sup>-1</sup> de N, (B) 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, (C) 90 kg ha<sup>-1</sup> de N, (D) 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, (E) 150 kg ha<sup>-1</sup> de N. Viçosa, 2006.



**Figura 15.** Produtividade dos grãos de trigo (cultivar Pioneiro), em função de doses de nitrogênio. (A) 0 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-etil, (B) 62,5 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-etil, (C) 125 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-etil, (D) 187,5 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-etil. Viçosa, 2006.



**Figura 16.** Índice de colheita de trigo (cultivar Pioneiro), em função de: (A) doses de nitrogênio e (B) doses de trinexapac-etil. Viçosa, 2006.

## CONCLUSÕES GERAIS

A cultivar Pioneiro apresenta maior potencial produtivo que a cultivar BRS 210, mas é menos resistente ao acamamento.

O parcelamento da adubação nitrogenada proporciona maior acamamento e não traz benefícios à produtividade dos grãos.

O trinexapac-etil e o cloromequat são eficientes em reduzir a estatura das plantas de trigo.

A ação dos redutores cloromequat e paclobutrazol sobre a altura de plantas independe da época de aplicação. O trinexapac-etil aplicado na época em que as plantas se encontram no estágio 8 da escala Feeks e Large promove efeitos mais acentuados, que quando aplicado no estágio 6 da referida escala.

O aumento das doses dos redutores de crescimento promove menor estatura das plantas. As doses de cloromequat e paclobutrazol não afetam a produtividade dos grãos. As maiores doses de trinexapac-etil promovem redução na produtividade.

A aplicação de 0; 62,5; 125 e 187,5 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-etil permite utilizar as doses de 83,46; 92,21; 100,95 e 150 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente.

Para a cultivar Pioneiro a utilização de até 83,46 kg ha<sup>-1</sup> de N sem aplicação de trinexapac-etil promove a maior produtividade dos grãos.

## **APÉNDICE**

**Apêndice 1 A.** Resumo da análise de variância das características agrônômicas de duas cultivares de trigo cultivadas sob cinco doses de nitrogênio, aplicadas em dose única ou parcelada. Viçosa-MG, 2005.

F.V.	G.L.	Quadrado médio										
		Acamamento de plantas	Altura de plantas	Comprimento do pedúnculo	Diâmetro do pedúnculo	Massa de mil grãos	Massa hectolitrica	Número de grãos espiga <sup>-1</sup>	Número de espigas m <sup>-2</sup>	Massa seca da parte aérea	Produtividade dos grãos	Índice de colheita
Bloco	3	365,99 <sup>ns</sup>	5,74*	1,65 <sup>ns</sup>	0,76 <sup>ns</sup>	1,63 <sup>ns</sup>	1,99 <sup>ns</sup>	7,38 <sup>ns</sup>	305,98 <sup>ns</sup>	2096103 <sup>ns</sup>	40606,50 <sup>ns</sup>	0,00204**
Cultivar (C)	1	2589,70**	3880,96**	417,40**	9,84**	94,74**	44,92**	1459,67**	105464,10**	816641,90 <sup>ns</sup>	1833146**	0,00273**
Forma (F)	1	1136,27*	1,62 <sup>ns</sup>	4,57 <sup>ns</sup>	8,23**	4,60 <sup>ns</sup>	1,16 <sup>ns</sup>	33,92*	735,07 <sup>ns</sup>	2528282 <sup>ns</sup>	248296,50 <sup>ns</sup>	0,00006 <sup>ns</sup>
Dose (D)	4	618,58*	9,88**	14,11**	4,82**	6,22*	1,82 <sup>ns</sup>	25,52*	4112,11*	6994743**	980110,80**	0,00033 <sup>ns</sup>
C x F	1	1136,27*	0,62 <sup>ns</sup>	1,76 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	11,65*	2,57 <sup>ns</sup>	9,82 <sup>ns</sup>	46,81 <sup>ns</sup>	5590654 <sup>ns</sup>	260268,60 <sup>ns</sup>	0,00023 <sup>ns</sup>
C x D	4	618,58*	1,44 <sup>ns</sup>	1,02 <sup>ns</sup>	4,03**	2,40 <sup>ns</sup>	1,82 <sup>ns</sup>	2,24 <sup>ns</sup>	526,96 <sup>ns</sup>	640621,90 <sup>ns</sup>	79713,96 <sup>ns</sup>	0,00006 <sup>ns</sup>
F x D	4	321,32 <sup>ns</sup>	1,79 <sup>ns</sup>	0,70 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	1,45 <sup>ns</sup>	1,43 <sup>ns</sup>	2,90 <sup>ns</sup>	934,88 <sup>ns</sup>	491863,90 <sup>ns</sup>	241425,0 <sup>ns</sup>	0,00009 <sup>ns</sup>
C x F x D	4	321,32 <sup>ns</sup>	3,09 <sup>ns</sup>	0,58 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>ns</sup>	2,63 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>	3,92 <sup>ns</sup>	929,89 <sup>ns</sup>	1515872 <sup>ns</sup>	434491,30 <sup>ns</sup>	0,00032 <sup>ns</sup>
Resíduo	57	180,45	1,46	1,31	1,02	2,46	1,06	8,37	1721,41	1523712	236600,00	0,00038
Média		%	cm	cm	mm	g	kg h L <sup>-1</sup>	-----	-----	-----	kg ha <sup>-1</sup>	-----
		5,69	86,96	34,71	29,80	37,17	75,45	32,04	440,34	11078	4824,10	0,45
CV (%)		236,10	1,39	3,30	3,39	4,22	1,36	9,03	9,42	11,14	10,08	4,30

\*Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; \*\*Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; <sup>ns</sup>Não significativo.

**Apêndice 1 B.** Médias das características agronômicas de duas cultivares de trigo cultivadas sob cinco doses de nitrogênio, aplicadas em dose única ou parcelada. Viçosa-MG, 2005.

Tratamento		Característica avaliada												
		Acamamento de plantas	Altura de plantas	Comprimento do pedúnculo	Diâmetro do pedúnculo	Massa de mil grãos	Massa do hectolitro	Número de grãos espiga <sup>-1</sup>	Número de espigas m <sup>-2</sup>	Massa seca da parte aérea	Produtividade dos grãos	Índice de colheita		
Cultivar	Dose de nitrogênio	Forma de aplicação	%	cm	cm	mm	g	kg h L <sup>-1</sup>	-----	-----	kg ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	-----	
Pioneiro	40	Parcelada	0,00	92,75	35,65	29,07	34,66	74,90	34,79	385,87	10222,51	4550,30	0,4626	
		Única	0,00	92,64	35,29	29,03	37,36	75,54	35,02	388,59	10541,09	4429,96	0,4512	
	60	Parcelada	5,63	92,89	35,79	28,99	36,44	76,18	35,00	389,22	10223,78	5140,78	0,4613	
		Única	0,00	93,07	36,72	29,79	37,26	76,39	35,33	391,39	10593,15	4903,31	0,4611	
	80	Parcelada	5,00	94,46	36,78	29,36	35,64	76,79	35,27	390,25	10243,84	5148,54	0,4595	
		Única	3,96	93,68	37,18	30,53	36,91	76,56	36,96	406,70	12019,06	5041,62	0,4696	
	100	Parcelada	38,13	94,50	37,09	30,11	34,64	76,05	35,49	394,93	10690,37	4772,75	0,4563	
		Única	7,54	94,82	38,74	31,55	35,99	76,95	39,65	426,63	12549,27	5608,39	0,4756	
	120	Parcelada	45,83	95,29	37,74	31,48	35,93	75,60	36,02	440,90	12302,18	4701,31	0,4681	
		Única	7,71	95,14	38,98	31,61	36,03	77,08	39,64	425,82	12401,40	5557,89	0,4766	
	BRS 210	40	Parcelada	0,00	79,54	31,26	29,15	39,17	74,34	25,34	448,35	10192,70	4315,75	0,4437
			Única	0,00	79,57	31,58	29,98	39,33	75,08	26,44	487,77	10582,31	4385,33	0,4561
60		Parcelada	0,00	79,67	32,14	29,13	38,89	75,38	26,99	452,08	10306,18	4478,10	0,4503	
		Única	0,00	79,18	32,17	29,47	39,08	74,00	27,37	458,79	10701,53	4592,62	0,4447	
80		Parcelada	0,00	79,43	32,39	29,01	38,81	75,10	27,98	478,71	11414,37	4941,44	0,4565	
		Única	0,00	80,89	32,34	29,42	37,60	74,89	28,61	494,11	10817,86	4922,66	0,4474	
100		Parcelada	0,00	80,46	32,96	29,39	38,57	73,93	29,01	488,22	11668,97	4823,72	0,4570	
		Única	0,00	79,86	33,31	30,14	37,01	74,31	29,56	471,47	11159,66	4730,79	0,4579	
120		Parcelada	0,00	82,04	33,04	29,11	36,60	75,08	28,05	504,53	11733,65	4811,31	0,4589	
		Única	0,00	79,32	33,18	29,71	37,59	74,95	28,40	482,43	11188,71	4725,63	0,4524	

**Apêndice 2 A.** Resumo da análise de variância das características agrônômicas de trigo, cultivar Pioneiro, submetido a quatro doses de três formulações de redutores de crescimento, aplicados em duas épocas. Viçosa-MG, 2005.

F.V.	G.L.	Quadrado médio										
		Altura de plantas	Comprimento do pedúnculo	Diâmetro do pedúnculo	Índice de colmo	Massa de mil grãos	Massa do hectolitro	Número de grãos espiga <sup>-1</sup>	Número de espigas m <sup>-2</sup>	Massa seca da parte aérea	Produtividade dos grãos	Índice de colheita
Época (E)	1	66,14*	85,12*	2,28 <sup>ns</sup>	0,0152*	0,02 <sup>ns</sup>	0,85 <sup>ns</sup>	0,68 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	388437,2 <sup>ns</sup>	10394,9 <sup>ns</sup>	0,0000 <sup>ns</sup>
Redutor (R)	2	1649,86*	303,77*	5,80 <sup>ns</sup>	0,0023*	20,29*	0,51 <sup>ns</sup>	10,99 <sup>ns</sup>	894,72 <sup>ns</sup>	3474829,5*	2138090,5*	0,0004 <sup>ns</sup>
Dose/R	6	294,28*	33,86*	1,72 <sup>ns</sup>	0,0001 <sup>ns</sup>	2,55 <sup>ns</sup>	1,23 <sup>ns</sup>	9,03 <sup>ns</sup>	475,87 <sup>ns</sup>	1160577*	907900*	0,0003 <sup>ns</sup>
E x R	2	76,46*	24,36*	4,22 <sup>ns</sup>	0,0010*	1,32 <sup>ns</sup>	2,34*	5,06 <sup>ns</sup>	127,30 <sup>ns</sup>	137279,5 <sup>ns</sup>	27900,7 <sup>ns</sup>	0,0014*
(E x Dose)/R	6	9,26*	4,06 <sup>ns</sup>	1,13 <sup>ns</sup>	0,0004*	1,70 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	10,29 <sup>ns</sup>	1662,63 <sup>ns</sup>	252310,4 <sup>ns</sup>	142343,7 <sup>ns</sup>	0,0004 <sup>ns</sup>
Test. vs. Modelo	1	400,66*	38,75*	0,02 <sup>ns</sup>	0,0001 <sup>ns</sup>	4,47 <sup>ns</sup>	0,58 <sup>ns</sup>	10,81 <sup>ns</sup>	1035,54 <sup>ns</sup>	757710 <sup>ns</sup>	84360 <sup>ns</sup>	0,0009 <sup>ns</sup>
Resíduo	54	3,13	3,07	1,93	0,0001	2,26	0,64	9,21	3290,35	500112,9	109002,2	0,0002
Média		cm	cm	mm	----	g	kg h L <sup>-1</sup>	----	----	kg ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	----
		82,40	34,07	28,91	0,48	37,39	79,94	36,60	431,80	12048,75	5260,87	0,483
CV (%)		2,15	5,23	4,81	2,29	4,02	1,00	8,29	13,28	5,86	6,27	3,50

\* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; \*\* Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; <sup>ns</sup> Não significativo.

**Apêndice 2 B.** Médias das características agronômicas de trigo, cultivar Pioneiro, submetido a quatro doses de três redutores de crescimento, aplicados em duas épocas. Viçosa-MG, 2005.

			Característica avaliada										
Tratamento			Altura de plantas	Comprimento do pedúnculo	Diâmetro do pedúnculo	Índice de colmo	Massa de mil grãos	Massa do hectolitro	Número de grãos espiga <sup>-1</sup>	Número de espigas m <sup>-2</sup>	Massa seca da parte aérea	Produtividade dos grãos	Índice de colheita
Redutor	Dose aplicada	Época de aplicação	cm	cm	mm	-----	g	kg h L <sup>-1</sup>	-----	-----	kg ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	-----
clormequat	500	Época 1	85,80	34,84	29,37	0,489	37,40	80,08	36,35	426,63	12030,79	5732,37	0,475
		Época 2	83,49	34,33	28,9	0,476	37,03	80,25	38,67	426,63	12411,57	5891,99	0,489
	1000	Época 1	81,75	33,96	28,75	0,494	36,96	79,7	36,56	437,95	12000,63	5152,11	0,491
		Época 2	81,87	32,24	28,00	0,458	36,79	79,81	34,42	416,21	11496,02	5000,41	0,488
	1500	Época 1	81,16	35,44	30,90	0,499	36,25	79,4	38,55	414,85	11733,45	5643,02	0,488
		Época 2	80,49	32,49	28,36	0,454	38,13	80,02	35,37	421,19	11214,56	5543,03	0,501
Trinexapac- etil	62,5	Época 1	86,20	34,82	27,83	0,488	37,17	80,31	35,79	447,46	12282,71	5210,62	0,476
		Época 2	81,08	32,66	28,74	0,463	37,04	80,08	37,79	428,89	12220,59	5378,04	0,479
	125	Época 1	77,98	33,29	28,93	0,493	37,30	80,58	36,18	428,89	11979,77	5023,86	0,484
		Época 2	68,26	27,12	28,82	0,449	36,48	79,63	35,88	427,98	11896,69	5078,58	0,467
	187,5	Época 1	64,57	29,21	27,70	0,497	35,95	79,86	36,70	425,27	11506,71	4423,88	0,510
		Época 2	61,67	24,40	28,12	0,441	35,44	78,3	33,82	451,53	10893,52	4460,59	0,468
paclobutrazol	40	Época 1	90,61	37,46	29,13	0,489	38,70	80,02	36,69	420,74	12473,04	5414,25	0,480
		Época 2	91,34	37,82	29,23	0,484	38,53	80,13	38,34	471,92	12493,55	5502,46	0,484
	80	Época 1	89,19	37,38	29,75	0,496	37,22	80,08	35,49	443,38	12477,12	5379,37	0,470
		Época 2	90,14	36,57	29,04	0,483	38,14	79,85	36,53	415,76	12382,55	5338,40	0,486
	120	Época 1	88,06	37,89	29,37	0,510	39,24	80,2	38,75	432,51	12403,72	5359,36	0,482
		Época 2	89,73	37,08	29,33	0,483	38,29	80,2	38,48	418,93	12556,79	5283,26	0,491
Testemunha			92,14	37,03	28,99	0,487	38,42	80,31	35,00	447,46	12472,37	5140,86	0,468

**Apêndice 3 A.** Resumo da análise de variância de algumas características agronômicas de trigo, cultivar Pioneiro, cultivado sob cinco doses de nitrogênio e quatro doses do redutor de crescimento trinexapac-etil. Viçosa, 2006.

F.V.	G.L.	Quadrado médio										
		Acamamento de plantas	Altura de plantas	Comprimento do pedúnculo	Diâmetro do pedúnculo	Massa seca da parte aérea	Massa do hectolitro	Massa de mil grãos	Número de grãos espiga <sup>-1</sup>	Número de espigas m <sup>-2</sup>	Produtividade dos grãos	Índice de colheita
Bloco	3	28,66 <sup>ns</sup>	7,05 <sup>ns</sup>	7,64*	3,54 <sup>ns</sup>	500460 <sup>ns</sup>	6,49 <sup>ns</sup>	12,58*	11,02 <sup>ns</sup>	4522,17 <sup>ns</sup>	29122,7 <sup>ns</sup>	0,0005 <sup>ns</sup>
Nitrogênio (N)	4	5900,58**	392,81**	196,86**	113,23**	49414040**	8,90*	39,69**	321,31**	17360,33**	3106005**	0,0017**
Redutor (R)	3	2876,50**	1525,12**	332,75**	4,20 <sup>ns</sup>	458793 <sup>ns</sup>	20,68**	16,55**	5,26 <sup>ns</sup>	8092,66*	204590,5 <sup>ns</sup>	0,0008*
N x R	12	879,94**	37,36**	4,23*	1,08 <sup>ns</sup>	4259167*	6,18*	9,27**	3,41 <sup>ns</sup>	1680,88 <sup>ns</sup>	721217,2**	0,0002 <sup>ns</sup>
Resíduo	57	94,07	6,57	1,90	2,21	1906345	2,95	3,22	9,12	1789,49	99510,70	0,0002
Média		%	cm	cm	mm	kg ha <sup>-1</sup>	kg h L <sup>-1</sup>	g	-----	-----	kg ha <sup>-1</sup>	-----
		14,88	86,88	33,61	29,34	11758,89	75,14	32,66	40,34	427,72	4454,18	0,48
CV (%)		65,14	2,95	4,10	5,06	11,74	2,28	5,42	7,48	9,89	7,08	3,43

\*Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; \*\*Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; <sup>ns</sup>Não significativo.

**Apêndice 3 B.** Médias das características agronômicas de trigo, cultivar Pioneiro, cultivado sob cinco doses de nitrogênio e quatro doses do redutor de crescimento trinexapac-etil. Viçosa, 2006.

Tratamento	Característica avaliada											
	Acamamento de plantas	Altura de plantas	Comprimento do pedúnculo	Diâmetro do pedúnculo	Massa seca da parte aérea	Massa do hectolitro	Massa de mil grãos	Número de espigas m <sup>-2</sup>	Número de grãos espiga <sup>-1</sup>	Produtividade dos grãos	Índice de colheita	
-----	%	cm	cm	mm	kg ha <sup>-1</sup>	kg h L <sup>-1</sup>	g	-----	-----	kg ha <sup>-1</sup>	-----	
30	0,0	0,00	93,10	34,57	25,10	12658,46	75,01	33,08	389,04	32,52	4030,44	0,4697
	62,5	0,00	86,97	32,60	26,85	12331,12	75,92	35,06	365,04	33,87	3833,53	0,4736
	125	0,00	72,85	25,78	25,73	12412,87	75,39	33,91	387,68	32,11	3608,63	0,4655
	187,5	0,00	64,40	22,30	24,70	12306,57	75,55	33,07	378,17	32,67	3500,96	0,4813
60	0,0	0,00	95,82	35,95	28,13	17196,20	75,60	35,00	422,10	40,84	5234,19	0,4887
	62,5	0,00	91,48	34,25	28,53	17374,32	76,55	34,17	423,01	41,36	5014,70	0,4887
	125	0,00	79,15	29,38	28,08	14793,25	75,54	33,46	389,04	38,05	4279,70	0,4929
	187,5	0,00	72,88	27,36	28,22	18350,23	75,14	32,64	450,63	40,45	4273,83	0,4888
90	0,0	13,81	96,08	37,05	28,29	18335,29	74,64	33,68	437,95	41,99	5120,58	0,4908
	62,5	0,00	92,51	36,38	30,65	17362,67	76,60	33,25	419,84	41,32	5096,05	0,4912
	125	0,00	84,39	31,29	28,13	17056,49	76,10	32,84	422,10	40,43	4889,00	0,4938
	187,5	0,00	79,55	29,71	28,66	18990,55	75,71	32,22	450,75	42,13	4339,59	0,4916
120	0,0	54,10	97,72	40,33	31,35	18929,74	72,10	28,80	440,67	43,03	4301,71	0,4583
	62,5	45,78	94,35	38,91	31,58	17527,84	74,54	31,85	409,42	42,71	4681,21	0,4820
	125	21,74	87,51	35,17	31,33	20169,11	74,88	32,57	452,79	44,53	4930,20	0,4883
	187,5	0,00	83,23	32,19	31,56	21835,24	77,49	33,49	490,49	44,50	4605,75	0,4960
150	0,0	72,99	97,88	40,80	32,49	19417,25	71,43	27,85	442,03	43,90	3881,86	0,4516
	62,5	52,62	94,33	39,00	31,77	19516,29	73,65	31,54	453,80	43,08	4202,36	0,4669
	125	36,73	89,10	36,12	32,03	19581,52	73,98	32,19	454,03	43,03	4174,76	0,4706
	187,5	0,00	84,46	33,18	32,58	21361,66	77,03	32,59	480,53	44,48	5084,65	0,4818