

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

ESTÁDIOS CRÍTICOS PARA SUPLEMENTAÇÃO NITROGENADA EM CEVADA

Anderson Fernando Wamser
Engenheiro Agrônomo/UDESC

Dissertação apresentada como um dos
requisitos à obtenção do grau de
Mestre em Fitotecnia
Área de Concentração Plantas de Lavoura

Porto Alegre (RS), Brasil
Fevereiro, 2002

**Dedico este trabalho aos meus irmãos,
Gerson e Vivian, pela amizade e incentivo
sempre presente.**

AGRADECIMENTOS

Ao meu pai, Sérgio Antônio Wamser, pelo exemplo de realização de vida.

À minha mãe, Enite Philippi Wamser, pelo amor e dedicação na educação de seus filhos.

Ao Prof. Claudio Mario Mundstock, pelos seus ensinamentos não somente científicos, mais também de vida transmitidos durante o curso.

Aos meus colegas Klaus Konrad Scheuermann e Alvadi Antonio Balbinot Jr., pela amizade e pelos anos de convivência.

Aos professores do Departamento de Plantas de Lavoura, pela amizade e pelos ensinamentos.

Aos amigos e bolsistas de iniciação científica, Adriano Alves da Silva, Carlos Eduardo Dias Sartoretto, Daniel Santos Grohs, Felipe de Campos Carmona, Guilherme Fernandes Cauduro e Raquel Stumpf, pelo apoio e dedicação na condução dos experimentos.

A Cristina Eunice Okuyama, pelas palavras de conforto nos momentos difíceis de minha vida.

Aos Srs. Eduardo Caierão, Alessandro Luis Sperotto e Volmi da Silva Fraga, pesquisadores da Companhia Brasileira de Bebidas, pela colaboração na realização deste projeto.

Aos funcionários da Estação Experimental Agronômica e do Departamento de Plantas de Lavoura, pelo auxílio prestado durante a condução dos experimentos.

Ao CNPq, pela bolsa concedida.

A Deus, por ter colocado todas estas pessoas no meu caminho.

ESTÁDIOS CRÍTICOS PARA SUPLEMENTAÇÃO NITROGENADA EM CEVADA¹

Autor: Anderson Fernando Wamser
Orientador: Prof. Claudio Mario Mundstock

RESUMO

A época de aplicação de N na cultura da cevada pode influenciar o rendimento de grãos pelo estímulo específico dado a seus componentes. Neste sentido, foi realizado o presente trabalho para determinar o período e os estádios fenológicos da cultura da cevada afetados pela aplicação de N. Foram conduzidos três experimentos a campo em Eldorado do Sul, Encruzilhada do Sul e outro em Victor Graeff, no ano de 2000, e dois experimentos a campo, um em Eldorado do Sul e Victor Graeff, no ano de 2001. Os estádios de aplicação de N foram na emergência das plântulas; emissão da 2ª ou 3ª folha; 4ª ou 5ª folha; 6ª ou 7ª folha; 8ª ou 9ª folha e emborrachamento, e as doses de N foram 30 ou 40 e 60 ou 80 kg.ha⁻¹. Foram analisados o rendimento de grãos e seus componentes (espigas área⁻¹, grãos espiga⁻¹ e massa de grão), a característica cervejeira dos grãos, o desenvolvimento de afilhos, a produção de massa seca e o acúmulo de N na parte aérea. As maiores respostas em rendimento de grãos foram observadas entre a emissão da 3ª folha à emissão da 7ª folha do colmo principal. A aplicação de N antecedendo o início do afilhamento beneficiou a formação de colmos área⁻¹ e grãos espiga⁻¹ e a aplicação no final do afilhamento consolidou o número de espigas área⁻¹ e grãos espiga⁻¹. A aplicação de N no final do afilhamento resultou na maior disponibilidade de N para dar aporte ao processo de acúmulo de massa seca e N, que é intensificado no período de alongamento dos entrenós. O aporte de N a estes processos diminuiu a competição entre os colmos e as estruturas reprodutivas, reduzindo a mortalidade de colmos. Até o final do afilhamento, não houve incremento no teor de proteína dos grãos devido à maior produção de massa seca e ao aumento do número de grãos área⁻¹, diluindo o N acumulado na parte aérea neste componente.

¹ Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (p.) Fevereiro, 2002.

CRITICAL GROWTH STAGES FOR NITROGEN FERTILIZATION IN BARLEY¹

Author: Anderson Fernando Wamser
Adviser: Prof. Claudio Mario Mundstock

ABSTRACT

Nitrogen supply may benefit barley grain yield through specific increase in one or more of its components. This work was delineated in order to determine specific periods and growth stages responsive to N supply. Three field experiments were carried out in Eldorado do Sul, Encruzilhada do Sul and Victor Graeff, in the 2000 growing season, and two experiments were carried out in Eldorado do Sul and Victor Graeff, in the 2001 growing season. N was added in the following growth: seedling emergence; 2nd - 3rd; 4th - 5th; 6th - 7th; 8th - 9th leave emergence; and boot stage, and the N rates were 30 - 40 and 60 - 80 kg.ha⁻¹. Grain yield and its components (spikes area⁻¹, kernel spikes⁻¹ and kernel weight), tillers development, dry matter and N accumulation were determined. Grain yields were enhanced by N applied at 3rd to 7th leave emergence stages. Early N improved shoot/m² and kernels/spike while N at the second stage improved spikes/m² and kernels/spike. By the end of tillering, N supply was crucial because plants demanded high amounts of N to maintain high dry matter production rate and high N accumulation rate. These processes were important during internode elongation to reduce competition between vegetative and reproductive structures, reducing tiller mortality while improving spikes/area. There was no increase in grain protein concentration with N addition until 7th leave emergence stage. Nitrogen increased dry matter and grains area⁻¹ diluting the extra N absorbed in this component.

¹ Master of Science dissertation in Agronomy, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (p.) February, 2002.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3.1. Locais de execução	18
3.1.1. Clima.....	19
3.1.2. Histórico de manejo das áreas experimentais	20
3.2. Tratamentos e delineamento experimental.....	21
3.3. Procedimento experimental	23
3.4. Determinações	24
3.4.1. Evolução do número de afilhos	24
3.4.2. Fenologia da cultura.....	25
3.4.3. Produção de massa seca (MS) da parte aérea.....	25
3.4.4. N na parte aérea da planta	26
3.4.5. Rendimento de grãos.....	26
3.4.6. Componentes do rendimento.....	27
3.4.7. Teor de proteína no grão e classificação de grãos	27
3.4.8. Estatura de planta e índice de colheita (IC)	28
3.4.9. Acamamento de planta	28
3.5. Análise estatística	29
4. RESULTADOS	30
4.1. Rendimento de grãos	30
4.2. Componentes do rendimento	37
4.3. Teor de proteína no grão	39
4.4. Classificação de grãos.....	45
4.5. Massa seca da parte aérea	45
4.6. Estatura e acamamento de planta.....	59
4.7. N total da parte aérea	59
4.8. Evolução do número de colmos	70
4.9. Freqüência de afilhos ao final do afilhamento	75
4.10. Estádio de desenvolvimento dos colmos ao final do afilhamento	75
5. DISCUSSÃO	79

6. CONCLUSÕES	94
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96
8. APÊNDICE	103

1. INTRODUÇÃO

A adubação nitrogenada recomendada para a cultura da cevada (*Hordeum vulgare* L.) nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná é realizada por ocasião da semeadura e, se necessária, por outra aplicação no início do afilhamento (Comissão de Pesquisa de Cevada, 2001). O suprimento de N na fase inicial do crescimento da cultura possui, como pressuposto principal, o estímulo à produção de afilhos. A aplicação de N em cobertura, no início da emissão dos afilhos, é realizada com o objetivo de dar aporte ao desenvolvimento destas estruturas e a conseqüente produção de espigas. Outro objetivo é o estímulo à formação de maior número de espiguetas por espiga. Porém, o processo de afilhamento representa um período longo no ciclo da cultura e o início da emissão de afilhos pode variar em função das condições meteorológicas, de manejo e do próprio genótipo. Este fato torna subjetiva a suplementação de N no início do afilhamento, podendo não atender aos objetivos da aplicação de N neste estágio.

A formação das estruturas acima citadas está relacionada com os estádios fenológicos dos cereais de estação fria. Com o surgimento do primeiro afilho, começa a ser estabelecido o número de espigas. O número final de espigas área^{-1} é determinado pelo grau de mortalidade de afilhos, processo que é intensificado no início do alongamento dos entrenós, correspondendo à emissão

da 7-9ª folha do colmo principal (CP). Os outros componentes (grãos espiga⁻¹ e massa de grão) também possuem sua formação induzida e posterior concretização em estádios específicos. Todos estes processos são afetados pela disponibilidade de N.

Cada componente do rendimento, desta forma, tem resposta diferenciada à suplementação nitrogenada de acordo com o estágio fenológico onde esta é realizada, sendo alguns favorecidos em detrimento a outros. Esta resposta diferenciada é utilizada para explorar as interações que favoreçam o uso mais eficiente do N, com possíveis aumentos no rendimento de grãos. Para tanto, é necessário estabelecer os estádios fenológicos da cultura onde a aplicação de N propicie as melhores interações. O conhecimento destes estádios fenológicos propiciará recomendações mais precisas de adubação nitrogenada na cultura da cevada.

Desta forma, o presente trabalho teve como objetivos:

- estabelecer o período do ciclo das plantas em que se observa resposta, em rendimento de grãos, à aplicação de N em cobertura;
- determinar, dentro deste período, o(s) estágio(s) fenológico(s) mais crítico(s) para a aplicação de N e onde se observa(m) os maiores rendimentos de grãos;
- avaliar, para cada estágio fenológico, o efeito da aplicação de N sobre a contribuição relativa de cada componente do rendimento para o rendimento final de grãos;
- descrever as modificações causadas pela adubação nitrogenada em diferentes estádios fenológicos, no padrão de afilamento (em especial a

freqüência e sobrevivência de afilhos) e no acúmulo de massa seca e N na parte aérea;

- estabelecer os estádios fenológicos com maiores riscos de incremento nos teores de proteína do grão com a aplicação de N em cobertura;

- avaliar o efeito do ambiente para a determinação dos estádios críticos para a suplementação nitrogenada.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O processo de formação dos componentes do rendimento se estende por um longo período do ciclo dos cereais de estação fria (McMaster, 1997). Disto, decorrem situações onde o parcelamento da aplicação de N pode resultar em rendimentos superiores aos da aplicação única (Penny et al., 1986; Bredemeier, 1999; Mundstock & Bredemeier, 1999). A aplicação parcelada permite aumentar a disponibilidade do N em períodos em que este elemento é exigido em maiores quantidades, o que não poderá ser obtido com a aplicação única devido às perdas potenciais que podem ocorrer. Em alguns trabalhos não se observam diferenças com a aplicação parcelada em relação à aplicação única (Easson, 1984; Penny, et al., 1986; Ayoub et al., 1994) e, em outros, ocorrem rendimentos inferiores com parcelamento do N (Easson, 1984; Ayoub et al., 1994). Esta variabilidade de resposta pode ser decorrente do suprimento irregular de N pelo solo e das condições meteorológicas durante a estação de crescimento. Também, os próprios estádios onde são realizadas as aplicações de N podem favorecer ou não determinados componentes do rendimento em detrimento a outros (Easson, 1984). Por isso, a determinação dos estádios fenológicos onde a interação destes componentes propicie o uso mais eficiente do N, com possíveis aumentos no rendimento de grãos, é importante para obtenção de recomendações mais precisas de adubação nitrogenada na cultura da cevada.

Os solos do Rio Grande do Sul têm, na sua maioria, limitada liberação de N ao longo do desenvolvimento da cultura da cevada. Esta limitação se deve ao baixo teor de matéria orgânica e, conseqüentemente, à restrita capacidade em liberar a quantia de N exigido para o crescimento das plantas. Outras fontes de suprimento de N, como fertilizantes nitrogenados, são necessárias para aumentar a quantidade de N no solo exigido pela cultura. No entanto, somente parte do N suplementado através de fertilizantes é utilizada pela planta. Uma fração é perdida por lixiviação de nitrato (NO_3^- -N) e volatilização de amônia em aplicações superficiais de uréia, e outra é imobilizada temporariamente pela fauna microbiana do solo, podendo não ficar disponível ao longo da estação de crescimento da cultura. A eficiência agronômica da adubação nitrogenada depende de influências edáficas e meteorológicas, assim como de características de planta, como a taxa de absorção e a eficiência de utilização. Práticas de manejo, como época e método de aplicação e tipo de adubo, podem afetar a eficiência agronômica da adubação nitrogenada em plantas cultivadas (Anghinoni, 1986).

A recomendação para aplicação de N em cobertura para os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná corresponde ao início do afilhamento da cultura (Comissão de Pesquisa de Cevada, 2001). A aplicação de N neste período é realizada com o objetivo de estimular o desenvolvimento dos afilhos e a conseqüente produção de espigas. Outro objetivo é o estímulo à formação de maior número de espiguetas por espiga. Porém, a aplicação de N num estágio posterior, no início do alongamento dos entrenós, mostra-se interessante para o

incremento dos rendimentos na cultura da cevada, pelo aumento da produção de colmos férteis (Mundstock & Bredemeier, 1999).

A variação na **época de aplicação de N**, dentro das práticas de manejo, constitui-se um interessante método para a maximização da eficiência do uso do N, com possíveis conseqüências sobre o rendimento de grãos (Mundstock & Bredemeier, 1999). Seu princípio consiste em fornecer a quantia necessária nos períodos de maior demanda de N pela planta. O aproveitamento do N nos estádios de maior demanda reduz as perdas do N principalmente por percolação de nitrato (NO_3^- -N) (Anghinoni, 1986). Esta vantagem é acentuada em anos de alta precipitação pluvial durante o ciclo da cultura, quando os riscos de perdas de NO_3^- -N por percolação são maiores (Mundstock, 1999). Estas perdas de NO_3^- -N podem ser responsáveis por contaminações de aquíferos (Mahler et al., 1994; Bredemeier, 1999). Desta forma, a maximização da eficiência do uso do N, num sistema de manejo de culturas, é importante, não somente no aspecto econômico, mas também no aspecto ambiental.

O efeito de **época de aplicação de N** em cereais de estação fria sobre o rendimento de grãos é objeto de estudos de diversos trabalhos conduzidos nos últimos anos (McTaggart & Smith, 1995; Ramos et al., 1995; Sajo et al., 1992; Zebarth & Sheard, 1992; Ayoub et al., 1994; Mahler et al., 1994). Suzuki & MacLeod (1977), Easson (1984), Bredemeier & Mundstock (2001) e Mundstock & Bredemeier (2001) avaliaram um amplo número de épocas e períodos de aplicação de N. Esses autores encontraram que a disponibilidade de N a partir da semeadura até o final do afilhamento (emissão da 6-7^a folha do CP) promove respostas das plantas em termos de rendimento de grãos.

Dentro desse período, foram encontradas respostas com a aplicação de N na semeadura ou emergência (Khalifa, 1973; Easson, 1984, Ramos et al., 1995;), início do afilhamento (Khalifa, 1973; Easson, 1984; Ramos et al., 1995; Lutcher & Mahler, 1988) e final do afilhamento e início do alongamento dos entrenós (Easson, 1984, Bredemeier & Mundstock, 2001; Mundstock & Bredemeier, 2001). As principais variações observadas no rendimento de grãos foram influenciadas pelo componente número de espigas área⁻¹. Nos trabalhos avaliando amplo número de estádios de aplicação de N (Suzuki & MacLeod, 1977; Easson, 1984; Bredemeier & Mundstock, 2001; Mundstock & Bredemeier, 2001), a aplicação de N no final do afilhamento promoveu os maiores rendimentos, demonstrando que os cereais de estação fria dependem do N neste momento para consolidar o número de colmos férteis área⁻¹. Aplicações após o início do alongamento dos colmos resultam em menores acréscimos no rendimento de grãos (Khalifa, 1973; Bredemeier & Mundstock, 2001; Mundstock & Bredemeier, 2001), indicando que a aplicação neste período ainda é superior a não aplicação de N em casos extremos de deficiência do nutriente (Mundstock, 1999).

Os estádios de maior demanda por N na planta estão relacionados, principalmente, com o período de formação das estruturas que vão dar origem aos componentes do rendimento. O rendimento de grãos, nos cereais de estação fria, é composto pelo número de espigas área⁻¹, número de grãos espiga⁻¹ e massa dos grãos. Ao longo da ontogênese da cultura, a formação destes componentes ocorre em diferentes estádios fenológicos (McMaster, 1997). Da mesma forma, a concretização do potencial destas estruturas, ou seja, a

quantidade final de cada componente do rendimento, também é determinada em diferentes estádios (McMaster, 1997).

O número de espigas área^{-1} é o primeiro componente a ser formado, seguido pelo número de grãos espiga $^{-1}$ e massa de grão. Devido à plasticidade, o número de espigas área^{-1} é o componente responsável pelas maiores variações observadas no rendimento final de grãos (Ramos et al., 1995).

O **número de espigas área^{-1}** é dependente do processo de afilhamento, o que torna o desenvolvimento dos afilhos evento importante no crescimento e desenvolvimento da cevada (Kirby & Faris, 1972; Simons, 1982). O padrão de afilhamento e os fatores que o afetam foram estudados por vários autores nas últimas décadas (Masle, 1985; Kirby et al., 1985; Rickman et al., 1985; Longnecker et al., 1993; Wobeto, 1994). Masle (1985) idealizou o padrão de afilhamento para a cultura do trigo em condições “não limitantes” para o crescimento das plantas. A emissão de afilhos, nestas condições, tem início a partir da expansão da quarta folha do CP, com o surgimento do afilho da axila da primeira folha, denominado de A1. A emissão dos afilhos subseqüentes se estende até, aproximadamente, o início do desenvolvimento da inflorescência (Kirby, 1985) ou na emissão da sétima folha do CP (Wobeto, 1994). Durante este período, há emissão de afilhos tanto do CP, denominados de afilhos primários, como dos próprios afilhos já emitidos, denominados de afilhos secundários (Klepper et al., 1983). A ordem e o sincronismo de aparecimento de folhas e afilhos são muito estáveis e o intervalo de tempo entre o aparecimento das sucessivas folhas de cada colmo é igual, tanto para o CP como para os afilhos (Masle, 1985). O padrão de afilhamento descrito por Masle (1985) é pouco

observado em condições de lavoura. Fatores como **genótipo**, **condições meteorológicas** e **manejo** alteram a época e seqüência de aparecimento, freqüência e número de afilhos emitidos pelas plantas (Wobeto, 1994).

Os **genótipos** de cevada se diferem com relação à produção de afilhos (Cannell, 1969a; Simmons et al., 1982; Garcia del Moral et al., 1984) e também são observadas diferenças na freqüência dos afilhos (Cannell, 1969a; Simmons et al., 1982). Muitos genótipos podem omitir o aparecimento de um ou mais afilhos (Cannell, 1969a). Este fato dificulta a interpretação do início do afilhamento em condições de lavoura, caso os primeiros afilhos primários sejam omitidos. Da mesma forma, são observadas diferenças quanto à época de emissão dos afilhos, onde alguns genótipos emitem mais tardiamente certos afilhos (Cannell, 1969a).

O mais importante **fator meteorológico** afetando o afilhamento é a temperatura do ar. Nas estações de crescimento em que ocorrem baixas temperaturas durante o período de afilhamento, há estímulo para emissão de maior número de afilhos devido à redução na dominância apical (Cannell, 1969b; Grohs et al., 2001; Mundstock et al., 2001). Altas temperaturas aumentam a taxa de formação de primórdios foliares no meristema apical do CP, aumentando a demanda por assimilados e incrementando a dominância apical (Cannell, 1969b). Neste sentido, a ocorrência de elevadas temperaturas em determinados estádios do período de afilhamento, pode ser responsável pela omissão de certos tipos de afilhos.

Dentro do **manejo**, a densidade de semeadura e a disponibilidade de nutrientes, principalmente o N, afetam diretamente a produção de afilhos. O afilhamento é a reação mais evidente do ajuste das plantas ao processo

competitivo formado por uma comunidade de plantas (Galli, 1996). Os cereais de estação fria são capazes de modular o seu crescimento através do afilhamento, de acordo com os recursos disponíveis no início do crescimento. Em trabalho avaliando o efeito da qualidade de luz, Almeida & Mundstock (2001ab) observaram que plantas de aveia e trigo percebem o grau de competição criado por uma comunidade de plantas em estádios anteriores ao início da emissão de afilhos. O efeito da qualidade da luz, alterado pela comunidade de plantas, se reflete na dominância apical do CP em detrimento a dos afilhos. Da mesma forma, a disponibilidade de N possui efeito sobre a dominância apical, onde os órgãos laterais crescem menos quando este é deficiente (Martin, 1987).

O estímulo do N sobre a produção de afilhos foi observado em diversos trabalhos (Longnecker et al., 1993; Ramos et al., 1995; Mundstock et al., 2001). A aplicação de maiores doses de N favorece o aumento do número de afilhos obtidos ao final do afilhamento (Ramos et al., 1995). Através de estudos de fotobiologia, observa-se que a definição da emissão do A1, A2 e A3 ocorre entre a emergência e a emissão da quarta folha do CP (Almeida & Mundstock, 2001). A quebra da dominância apical induzida pela aplicação de N neste período pode aumentar a emissão e a participação destes afilhos primários no rendimento de grãos. Este aspecto é importante pois os afilhos A1 e A2 são os com maiores chances de contribuírem para o rendimento de grãos (Wobeto, 1994). Neste sentido, Mundstock et al. (2001), trabalhando com aveia, e Grohs et al. (2001), trabalhando com cevada, observaram que o aumento da dose de N aplicado na emergência das plântulas incrementa a frequência dos dois primeiros afilhos primários (A1 e A2). A época de aparecimento dos afilhos também pode ser

afetada pela disponibilidade de N, sendo observado atrasos na emissão de afilhos quando este é deficiente (Longnecker et al., 1993).

Uma parte dos afilhos que são formados durante o crescimento dos cereais de estação fria, chega à maturidade e produzem grãos (Simmons et al., 1982). Os demais senescem durante o período de alongamento dos entrenós até o florescimento, num fenômeno denominado de **mortalidade** de afilhos (Simmons et al., 1982). A perda do potencial destes afilhos formadores de grãos no estágio de alongamento dos entrenós limita a capacidade de demanda e, conseqüentemente, reduz o rendimento final de grãos (Bremner, 1969).

Os afilhos destinados a senescerem durante o estágio de alongamento dos entrenós podem ser determinados durante o período de afilhamento. A taxa de desenvolvimento foliar durante o afilhamento é maior nos afilhos férteis em relação aos não férteis (Davidson & Chavalier, 1990). A disponibilidade de nitrogênio no período de afilhamento pode afetar o sincronismo na emissão de folhas dos afilhos em relação ao colmo principal (Mundstock, 1999), contribuindo com menor mortalidade de afilhos. Ramos et al. (1995) observaram que a aplicação de N em cevada no início do afilhamento, favorece a maior sobrevivência de afilhos em relação à aplicação na semeadura.

A mortalidade de afilhos pode ocorrer em qualquer classe de afilhos (Davidson & Chevalier, 1990), porém a época de emergência dos afilhos influencia a senescência dos mesmos (Bremner, 1969). A maior parte dos afilhos férteis são os afilhos primários, seguindo a ordem cronológica de aparecimento, e poucos afilhos secundários sobrevivem (Davidson & Chevalier, 1990). Os afilhos tardios, da mesma forma que os defasados, estão mais predispostos a

senescerem, devido ao reduzido crescimento, em relação aos demais afilhos. Os afilhos que possuem reduzida área foliar e menor concentração de N (Thorne, 1982) ou menores que um terço do seu respectivo CP (Garcia del Moral et al., 1984), senescem prematuramente, comparando-se com os afilhos maiores. Os afilhos senescidos alcançam um estágio máximo de desenvolvimento de 3.2, segundo a escala proposta por Haun (1973) (Davidson & Chevalier, 1990).

A mortalidade dos afilhos menores é resultado de intensa competição por recursos do ambiente (Garcia del Moral et al., 1984). O afilho é uma estrutura semelhante ao CP, o que permite certo grau de independência na obtenção de nutrientes e assimilados (Kirby & Jones, 1977). Esta relativa independência pode resultar em menor competição entre os colmos por assimilados, como o observado por Lauer & Simmons (1985), onde o CP não contribuiu significativamente com assimilados para os afilhos já estabelecidos. Desta forma, a competição entre os colmos por recursos do ambiente contribui na definição da mortalidade de afilhos. Os afilhos senescidos, por sua vez, podem contribuir com assimilados para os colmos sobreviventes nos quais são originados (Chafai-Elalaoui & Simmons, 1988). A relocação destes assimilados é incompleta, o que representa perda de nutrientes e fotoassimilados que permanecem nos afilhos senescidos (Rawson & Donald, 1969) e que poderiam ser aproveitados por afilhos produtivos.

Durante o alongamento dos entrenós, diversos fatores podem estar ligados a mortalidade dos afilhos menos desenvolvidos, como o desenvolvimento radicular necessário para sustentar o crescimento deles (Masle-Meynard, 1981, Black, 1982). Também o menor desenvolvimento de raízes e o sombreamento

pelos maiores afilhos, diminuem a capacidade dos menores afilhos em competir por luz e nutrientes (Chaturvedi et al., 1981). O rápido incremento de massa da parte aérea no estágio de alongamento dos entrenós resulta em maior consumo de N pelas plantas (Mundstock, 1999). A demanda por N aumenta a competição pelo nutriente entre os colmos e, assim, a disponibilidade de nitrogênio no estágio de alongamento dos entrenós, ainda que tenha pouco efeito sobre a produção de afilhos (Simons, 1982), pode aumentar a sobrevivência e a participação dos afilhos já emitidos na formação do rendimento de grãos (Easson, 1984). A aplicação de N em estádios posteriores, na metade do período de alongamento dos colmos (Ramos et al., 1995) ou a partir da visualização da folha-bandeira (Easson, 1984), não favorece a sobrevivência de afilhos e a produção de espigas. Nestes estádios, provavelmente já foi fixado o número de afilhos que possuem potencial para produzir uma espiga (Garcia del Moral et al., 1984).

Após a concretização do número de espigas área^{-1} , ainda podem ocorrer variações no rendimento de grãos, através do componente **número de grãos espiga⁻¹**. O número de grãos formado por espiga começa a ser definido a partir da iniciação do primórdio reprodutivo, seguido pela iniciação dos primórdios de espiguetas (McMaster, 1997). O número final de espiguetas produzidas por inflorescência determina o potencial do componente número de grãos espiga⁻¹. A fase de iniciação do primórdio reprodutivo ocorre em estádios anteriores ao alongamento dos entrenós (McMaster, 1997) quando as bainhas das folhas se tornam eretas. A maioria dos primórdios de espiguetas é formada até o início do alongamento dos entrenós (Kirby, 1985) e este processo termina com a iniciação da espiguetas terminal (McMaster, 1997). A partir deste estágio, não há

possibilidade de incremento no número de espiguetas espiga⁻¹ (McMaster, 1997). Já a iniciação e a diferenciação dos primórdios florais dentro de cada espiguetas ocorrem no início do alongamento dos entrenós (Williams, 1966) e este processo cessa durante o início da emergência da folha bandeira (Baker & Gallagher, 1983; Kirby, 1988). Neste estágio está definido o número potencial de flores que podem ser polinizadas e produzirem um grão.

A aplicação de N após o início do alongamento dos entrenós não afeta o número final de espiguetas (Baker & Gallagher, 1983), provavelmente porque após este estágio, o número de espiguetas a serem produzidas já foi fixado (McMaster, 1997). Porém, a deficiência de N nas fases iniciais até o início do alongamento dos entrenós reduz a formação de espiguetas (Frank & Bauer, 1996). Assim, a aplicação de N neste período pode incrementar o número de grãos espiga⁻¹ (Easson, 1984; Petr et al., 1988), pelo aumento do número de espiguetas produzidas por espiga que potencialmente poderão produzir grãos.

Da mesma forma que os afilhos em relação às espigas, nem todas as flores diferenciadas nas espiguetas vão produzir um grão. O aborto floral inicia no emborrachamento ou quando a folha bandeira está completamente expandida (McMaster, 1997). Este processo termina aproximadamente no espigamento ou antese (Kirby, 1985). O aborto de flores se deve, provavelmente, à competição entre a espiga e o colmo por recursos do ambiente durante a fase final de alongamento dos entrenós (Kirby, 1988). A aplicação de N no início da emissão da folha bandeira promove a formação de maior número de grãos espiga⁻¹, como observado por Easson (1984) e Shah et al. (1994). Aplicações posteriores, durante a diferenciação das estruturas florais, também aumentam o número de

grãos espiga⁻¹ (Peltonen, 1992). O efeito da disponibilidade de N sobre o aborto floral pode ocorrer em períodos anteriores ao início deste processo, como sugere os dados obtidos por Easson (1984) com aplicação de N no início do alongamento dos entrenós.

Uma vez determinado o número final de grãos espiga⁻¹, o rendimento de grãos pode ainda ser afetado pela **massa de grão**. Este último componente provoca poucas variações no rendimento (García del Moral et al., 1991). O crescimento e desenvolvimento do grão após a fertilização são determinados por três fases: 1) uma fase inicial de grande divisão celular e pouco acúmulo de massa seca; 2) uma fase de rápida expansão celular e acúmulo linear de massa seca e , 3) uma fase de estabilização que termina com a máxima acumulação de massa seca (Mundstock, 1999). A acumulação de massa seca no grão é primeiramente governada pelo número de células presentes no endosperma, cuja formação é determinada pela disponibilidade de assimilados (Brocklehurst, 1977). As principais fontes de fotoassimilados durante o enchimento dos grãos são as folhas. A folha bandeira atua como a principal fonte devido à proximidade com a espiga (Patrick, 1972).

A aplicação de N a partir do início do alongamento dos entrenós pode manter a área foliar ativa por um período mais longo (McMaster, 1997), principalmente as folhas superiores que não entraram ainda em processo de senescência. Este fato pode contribuir com maior produção de fotoassimilados no final do ciclo, aumentando o número de células do endosperma e, conseqüentemente, a força de demanda. Além disso, a aplicação tardia de N retarda a senescência da planta, aumentando a duração do período de

enchimento de grãos (McMaster, 1997) e se refletindo em grãos mais pesados (Bremner, 1969; Easson, 1984; Ayoub et al., 1994).

Um fator importante na cultura da cevada que deve ser observado com a aplicação de N no final do afilhamento, em relação aos outros cereais de estação fria é o **teor de proteína no grão**. A qualidade industrial da cevada cervejeira é avaliada pelos teores de proteína no grão, pois valores de proteínas acima de 12 % provocam baixo rendimento no malte cervejeiro, limitando a comercialização da cevada (Peruzzo et al., 1996). A Comissão de Pesquisa de Cevada (2001) não recomenda a aplicação de N após o final do afilhamento, devido aos riscos de se elevar o teor de proteína. De uma forma geral, à medida que se atrasa a época de aplicação de N há aumentos nos teores de proteína no grão dos cereais de estação fria. Altos teores de proteína foram observados em aplicações de N no alongamento dos entrenós em relação à aplicação no início do afilhamento (Zebarth & Sheard, 1992; Bulman & Smith, 1993), mas em outros casos, só se observaram incrementos a partir da emissão da folha bandeira (Easson, 1984). A concentração protéica nos grãos é o resultado da interação da época de aplicação de N e a disponibilidade de água no solo. A deficiência hídrica no momento do enchimento de grão resulta em poucas diferenças entre as épocas de aplicação de N (Sajo et al., 1992).

O manejo da lavoura visando rendimentos com níveis satisfatórios de proteína no grão requer cuidados com a escolha da época de aplicação de N (McTaggart & Smith, 1995) pois, as vezes, são observadas relações negativas entre rendimento de grão e teor de proteína com diferentes genótipos de cevada (Silva, 2001) ou épocas de aplicação de N (Easson, 1984). O manejo racional do

N visa a obtenção de maior número de espigas área^{-1} , para que ocorra a diluição do N da parte vegetativa entre estas estruturas. Para tanto, a aplicação de N no final do afilhamento pode consolidar maior número destas estruturas e, conseqüentemente, maior número de grãos por espiga proporcionando, desta forma, o aumento no rendimento de grãos e resultando em reduzido incremento nos teores de proteína do grão.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Locais de execução

A avaliação dos estádios críticos para suplementação do nitrogênio na cultura da cevada foi realizada através de experimentos conduzidos a campo, em três regiões do Rio Grande do Sul: na Estação Experimental Agronômica (EEA) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), no Campo Experimental Norte (CEN) da Companhia Brasileira de Bebidas (CBB), ambos nas estações de crescimento de 2000 e 2001; e no Campo Experimental de Cevada (CEC) da Companhia Brasileira de Bebidas (CBB), na estação de crescimento de 2000.

A EEA/UFRGS está localizada no município de Eldorado do Sul, região fisiográfica da Depressão Central. O solo da área experimental pertence à unidade de mapeamento São Jerônimo, caracterizado como Argissolo Vermelho Distrófico típico (Embrapa, 1999). O CEN/CBB está localizado no município de Victor Graeff, região fisiográfica do Planalto Médio. O solo da área experimental pertence à unidade de mapeamento Passo Fundo, classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico (Embrapa, 1999). O CEC/CBB está localizado no município de Encruzilhada do Sul, região fisiográfica da Serra do Sudeste. O solo da área experimental pertence à unidade de mapeamento Camaquã, caracterizado como Argissolo Vermelho-amarelo Distrófico típico (Embrapa, 1999).

A análise química do solo foi feita em todos os locais, em amostras retiradas na profundidade de 0-20 cm. Os resultados das análises do solo, conforme método descrito por Tedesco et al. (1995), encontram-se no Tabela 1.

TABELA 1 - Atributos químicos¹ dos solos de amostras retiradas antes da instalação dos experimentos.

Ano	Local	pH (H ₂ O)	P (Mehlich-1)	K (Mehlich-1)	MO ²	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	V ³
			----- mg L ⁻¹ -----	-----	%	---- cmol _c L ⁻¹ ---			%
2000	EEA	5,3	6,6 (B) ⁴	238	2,1 (B) ⁵	0,1	3,9	1,5	56
	CEN	5,6	26,0 (A)	> 202	3,8 (M)	0,1	5,4	2,5	70
	CEC	5,4	47,0 (A)	160	2,3 (B)	0,1	4,6	1,5	63
2001	EEA	5,8	3,9 (MB)	169	2,6 (B)	0,1	4,3	2,0	69
	CEN	6,0	> 52,0 (A)	> 202	4,5 (M)	0,1	7,0	3,4	80

¹ Tedesco et al. (1995)

² MO = matéria orgânica

³ V = saturação por bases

⁴ Interpretação do teor de P no solo: MB = muito baixo; B = baixo; A = alto (Comissão, 2001)

⁵ Interpretação do teor de MO no solo: B = baixo; M = médio (Comissão, 2001)

3.1.1. Clima

O clima das regiões onde estão localizadas a EEA/UFRGS, a CEC/CBB e a CEN/CBB, segundo a classificação de Köppen, é subtropical de verão úmido quente, do tipo Cfa (Ipagro, 1979). A precipitação pluvial média anual de Eldorado do Sul é de 1440 mm e a temperatura média mensal varia entre 13,9 e 24,9°C entre o mês mais frio e o mais quente, respectivamente (Bergamaschi & Guadagnin, 1990). Em Victor Graeff, a precipitação pluvial média anual é de 1650 mm e a temperatura média mensal varia entre 12,0 e 25,0°C entre o mês mais frio e o mais quente, respectivamente (Rio Grande do Sul, 1994). Já em Encruzilhada do Sul, a precipitação pluvial média anual é de 1350 mm e a temperatura média

mensal varia entre 13,0 e 23,5°C, entre o mês mais frio e o mais quente, respectivamente (Rio Grande do Sul, 1994).

3.1.2. Histórico de manejo das áreas experimentais

A área experimental utilizada em Eldorado do Sul, no ano de 2000, estava submetida à semeadura direta há vários anos, tendo soja e milho, alternadamente, como culturas de verão, e aveia preta como cultura de cobertura de inverno. No verão de 1999/2000, antecedendo o experimento, a área foi cultivada com milho. No ano de 2001, utilizou-se uma área de cultivo sem preparo prévio do solo iniciado no verão do ano agrícola de 2000/2001 com a cultura do milho. Nos anos anteriores, a área experimental era utilizada para pastejo sobre campo nativo.

A área experimental de Encruzilhada do Sul, utilizada para o cultivo no ano de 2000, estava submetida à semeadura direta há sete anos. O sistema de cultivo era composto por dois anos de soja e um ano de milho no verão, e dois anos de cevada e um de aveia no inverno. A cultura antecedendo o experimento foi a soja.

Em Victor Graeff, para ambos os anos, as áreas experimentais estavam submetidas à semeadura direta há mais de dez anos. O sistema de cultivo era composto por dois anos de soja e um ano de milho no verão, e aveia, trigo e cevada, alternadamente, no inverno. A cultura de verão antecedendo os experimentos foi a soja.

3.2. Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos testados consistiram na combinação de duas doses de N na forma de uréia (45 % de N) e seis épocas de aplicação, conforme a Tabela 2. Em Eldorado do Sul, as doses testadas foram 40 e 80 kg de N ha⁻¹. Em Encruzilhada do Sul e em Victor Graeff, utilizaram-se as doses de 30 e 60 kg de N ha⁻¹. As épocas de aplicação de N foram determinadas de acordo com o estágio de desenvolvimento das plantas: a) emergência; b) emissão da 3^a folha; c) emissão da 5^a folha; d) emissão da 7^a folha; e) emissão da 9^a folha e; f) emborrachamento. O experimento conduzido em Victor Graeff, no ano de 2001, apresentou as épocas de aplicação de N de acordo com os seguintes estádios de desenvolvimento: a) emergência; b) emissão da 2^a folha; c) emissão da 4^a folha; d) emissão da 6^a folha; e) emissão da 8^a folha e; f) emborrachamento. A menor dose de N foi aplicada de forma única nos seis estádios de desenvolvimento. A maior dose de N foi aplicada de forma única (nos seis estádios de desenvolvimento) ou parcelada, sendo 40 ou 30 kg de N ha⁻¹ no momento da emergência e 40 ou 30 kg de N ha⁻¹ nos demais estádios de desenvolvimento. Em Victor Graeff, no ano de 2000, não houve a aplicação de N por ocasião da emissão da 3^a folha. Em todos os locais foi utilizado um tratamento controle, sem a aplicação de N.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completamente casualizados com quatro repetições, com o objetivo de controlar as variações entre as unidades experimentais decorrentes de suas variações intrínsecas (Riboldi, 1993). Em Encruzilhada do Sul e Victor Graeff, a área das unidades

TABELA 2 - Doses de N (kg ha^{-1})¹ utilizadas nos experimentos em função dos estádios de desenvolvimento da cultura.

Tratamentos	Épocas de aplicação de N ²					
	Emergência	Emissão da 2/3 ^a folha ³	Emissão da 4/5 ^a folha	Emissão da 6/7 ^a folha	Emissão da 8/9 ^a folha	Emborrachamento
1	30/40					
2		30/40				
3			30/40			
4				30/40		
5					30/40	
6						30/40

7	60/80					
8		60/80				
9			60/80			
10				60/80		
11					60/80	
12						60/80

13	30/40	30/40				
14	30/40		30/40			
15	30/40			30/40		
16	30/40				30/40	
17	30/40					30/40

Controle ⁴						

¹ As doses de 30 e 60 kg de N ha^{-1} , correspondem à quantidade utilizada nos experimentos de Encruzilhada do Sul no ano de 2000 e Victor Graeff no ano de 2000 e 2001. As doses de 40 e 80 se referem aos experimentos de Eldorado do Sul, nos anos de 2000 e 2001;

² Em Victor Graeff, no ano de 2001, as épocas de aplicação de N corresponderam aos seguintes estádios de desenvolvimento: a) emergência; b) emissão da 2^a folha; c) emissão da 4^a folha; d) emissão da 6^a folha; e) emissão da 8^a folha e; f) emborrachamento.

³ Em Victor Graeff, no ano de 2000, não houve aplicação de N por ocasião da emissão da 3^a folha.

⁴ Tratamento sem aplicação de N.

experimentais foi de 7,48 m², constituídas por 11 linhas de 4,00 m de comprimento e espaçadas em 0,17 m. A área útil das unidades experimentais (3,57 m²), onde se procedeu a colheita final, constituiu-se das 7 linhas centrais, descartando-se 0,50 m em cada extremidade das linhas.

Em Eldorado do Sul, a área das unidades experimentais foi de 11,05 m², sendo constituídas por 13 linhas de 5,00 m de comprimento e espaçadas em 0,17 m e, dentro desta, foi escolhida a área de 2,72 m² na qual foram determinados o rendimento de grãos e seus componentes. Também foi utilizada uma área de 3,40 m², destinada à realização de determinações ao longo do ciclo da cultura.

3.3. Procedimento experimental

A cultivar reagente de cevada utilizada em todos os locais foi a MN 698, recomendada pela Comissão de Pesquisa de Cevada (2001) para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. A cv. MN 698 apresenta ciclo de 146 dias (90 dias da sementeira ao espigamento) e estatura de 98 cm, sendo suscetível ao acamamento (Comissão de Pesquisa de Cevada, 2000). As sementes utilizadas nos experimentos foram fornecidas pela Companhia Brasileira de Bebidas.

A sementeira foi realizada nos dias 23/06/2000 e 31/05/2001 em Eldorado do Sul, 18/05/2000 e 31/05/2001 em Victor Graeff, e 18/07/2000 em Encruzilhada do Sul. Utilizou-se uma semeadora de plantio direto, colocando-se as sementes em linha na profundidade de 3 cm e na densidade de 250 sementes aptas m⁻².

A adubação de base foi feita com fósforo e potássio, em Eldorado do Sul, nos anos de 2000 e 2001. A adubação consistiu na aplicação em linha de 90 kg de P_2O_5 ha^{-1} e 45 kg de K_2O ha^{-1} , nas formas de superfosfato triplo e cloreto de potássio, respectivamente. Em Encruzilhada do Sul, no ano de 2000, e em Victor Graeff, nos anos de 2000 e 2001, a adubação de base consistiu na aplicação de 50 kg de P_2O_5 ha^{-1} e 60 kg de K_2O ha^{-1} , nas formas de superfosfato triplo e cloreto de potássio, respectivamente.

3.4. Determinações

Durante a realização dos experimentos, da emergência até a colheita final da cultura, foram procedidas as seguintes determinações:

3.4.1. Evolução do número de afilhos

A emissão de afilhos foi acompanhada através de amostragens periódicas de plantas, em intervalos de aproximadamente uma a duas semanas, no experimento em Eldorado do Sul, no ano de 2000. As amostragens consistiram em coletas de plantas em uma área de 0,24 m^2 . Esta determinação teve início no estágio em que as plantas estavam emitindo a quinta folha. Realizou-se somente a contagem de afilhos primários até o estágio de emissão da 9ª folha do CP, totalizando três amostragens. Os afilhos primários foram identificados de acordo com a folha a qual estavam associados, conforme classificação proposta por Klepper et al. (1982). Segundo esta classificação, o afilho oriundo da axila da primeira folha do colmo principal é denominado de A1; o afilho oriundo da axila da segunda folha do colmo principal é denominado de A2; sendo A_n o enésimo afilho

da axila da enésima folha do colmo principal. A frequência de emissão de cada afilho foi avaliada ao final do período de afilhamento.

3.4.2. Fenologia da cultura

O desenvolvimento do colmo principal e dos afilhos primários no final do afilhamento foi determinada em Eldorado do Sul, no ano de 2000. Utilizou-se a escala proposta por Haun (1973) para o colmo principal e ampliada por Klepper et al. (1982) para a descrição dos afilhos. Esta escala se baseia na notação decimal, onde as folhas são numeradas em ordem acrópeta. O valor de cada estágio fenológico reflete o número de folhas totalmente expandidas, mais as unidades decimais da última folha em expansão, em relação à anterior. Assim, um colmo que se encontra em 5.4 da escala Haun, possui cinco folhas totalmente expandidas e a última folha em expansão, com quatro décimos do comprimento da anterior.

3.4.3. Produção de massa seca (MS) da parte aérea

Após a determinação de afilhos presentes bem como o estágio de desenvolvimento de cada colmo, as plantas amostradas foram secadas em estufa de aeração forçada a aproximadamente 65°C, até peso constante. Procedeu-se, então, a pesagem da MS da parte aérea. Para esta determinação foram realizadas sete amostragens em Eldorado do Sul no ano de 2000 (da emissão da 7ª folha até o período de florescimento) e cinco amostragens em Eldorado do Sul no ano de 2001 (da emissão da 8ª folha até o período de florescimento). Em Eldorado do Sul, no ano de 2000, foi determinada a MS por ocasião da colheita,

através de pesagem a campo de toda fitomassa aérea da área útil, antes do procedimento de trilha. Uma amostra da fitomassa aérea de toda a área experimental foi pesada e levada para laboratório, onde foi secada em estufa de aeração forçada a aproximadamente 65°C, até peso constante. Procedeu-se, então, a determinação do teor de umidade e a correção do peso das amostras para 0% de umidade. Em Eldorado do Sul, no ano de 2001, uma amostra de plantas foi retirada de cada parcela, no momento da colheita, em uma área de 0,24 m². Esta amostra foi secada em estufa de circulação forçada a aproximadamente 65 °C até peso constante.

3.4.4. N na parte aérea da planta

A fitomassa utilizada para a determinação da produção de MS, em Eldorado do Sul nos anos de 2000 e 2001, foi moída em moinho do tipo centrífuga e homogeneizada. O teor de nitrogênio no tecido vegetal da parte aérea foi determinado pelo método de Kjeldahl, conforme metodologia proposta por Tedesco et al. (1985). A quantidade de nitrogênio acumulada pelas plantas em cada estágio de desenvolvimento foi obtida pelo produto do teor de nitrogênio na fitomassa pela MS acumulada pelas plantas nos referidos estádios fenológicos.

3.4.5. Rendimento de grãos

A colheita final dos experimentos foi realizada nos dias 17/11/2000 e 19/10/2001 em Eldorado do Sul, 28/10/2000 e 10/10/2001 em Victor Graeff e 15/12/2000 em Encruzilhada do Sul. As plantas da área útil foram cortadas manualmente rentes ao solo e depois trilhadas em máquina estacionárias. Os

grãos posteriormente foram pesados e a massa obtida foi corrigida para 13% de umidade.

3.4.6. Componentes do rendimento

Os componentes do rendimento foram determinados em Eldorado do Sul, nos anos agrícolas de 2000 e 2001.

O componente número de espigas área^{-1} foi determinado antes da colheita final, através da contagem do número de espigas presentes em quatro metros da linha central da área útil de cada unidade experimental.

A massa média de grão foi obtida através da contagem de 400 grãos provenientes da massa total de grãos obtida da área útil. Após a contagem, as amostras foram pesadas em balança analítica e a massa obtida foi dividida pelo número total de grãos amostrados.

O número de grãos espiga^{-1} foi obtido através da razão do peso total de grãos da área útil pelo produto entre o número de espigas da área útil e a massa média de grão.

3.4.7. Teor de proteína no grão e classificação de grãos

O teor de proteína no grão e classificação de grãos foram determinados em Eldorado do Sul, Encruzilhada do Sul e Victor Graeff, no ano agrícola de 2000.

A partir da massa de grãos obtida em cada unidade experimental, retirou-se duas amostras de grãos para obtenção do teor de proteína no grão e para a classificação de grãos quanto ao tamanho. Uma amostra de 20 g foi moída e homogeneizada e, então, procedeu-se a determinação do teor de nitrogênio no

grão pelo método do Kjeldahl, conforme descrito por Tedesco et al. (1995); Para obtenção do teor de proteína no grão se utilizou o fator de correção de 6,25 (cada 1% de nitrogênio corresponde a 6,25% de proteína).

A classificação dos grãos foi feita através de peneiras de 2,5 mm, sendo os grãos retidos classificados em grãos de primeira.

3.4.8. Estatura de planta e índice de colheita (IC)

A estatura de planta foi determinada em Eldorado do Sul no ano de 2000, através da medição do comprimento de cinco plantas amostradas da área útil, desde o colo até o ápice da espiga.

O IC foi determinado em Eldorado do Sul no ano de 2000, através da relação entre a massa de grãos da área útil da parcela (corrigida para 0% de umidade) e a massa seca total da parte aérea (rendimento biológico) obtida na área útil e pesada antes da trilha. Em Eldorado do Sul, no ano de 2001, o IC foi obtido pela razão entre a massa de grãos da área útil (corrigido para 0 % de umidade) e a produção de MS obtida na última amostragem para a determinação da produção de MS da parte aérea.

3.4.9. Acamamento de planta

O acamamento de planta foi avaliado em Eldorado do Sul no ano de 2000 e em Victor Graeff no ano de 2001. Atribuíram-se notas de 0 (zero) a 5, variando em uma unidade, onde 0 (zero) correspondeu às parcelas com ausência de plantas acamadas e 5 às parcelas com todas as plantas acamadas.

3.5. Análise estatística

Os dados de rendimento de grãos, componentes do rendimento, índice de colheita, estatura de plantas, frequência e sincronismo de afilhos, e desenvolvimento dos colmos foram avaliados estatisticamente através da análise de variância (F-teste). Quando alcançada significância estatística, a média dos tratamentos foi comparada pelo teste de Duncan, ao nível de significância de 5%.

Os dados de evolução de massa seca e nitrogênio na parte aérea foram submetidos às análises de regressão e variância pelo F-teste. Os coeficientes de regressão linear das equações ajustadas foram comparados pelo t-teste ao nível de significância de 5%.

4. RESULTADOS

4.1. Rendimento de grãos

A cevada foi cultivada em Eldorado do Sul nos anos agrícolas de 2000 e 2001 após a cultura do milho e em solo com baixo teor de matéria orgânica (2,1 e 2,6 %, respectivamente). Neste local, obtiveram-se rendimentos médios de 1820 kg.ha⁻¹ no ano de 2000, e 1620 kg.ha⁻¹ no ano de 2001 (Apêndice 3). Já em Encruzilhada do Sul, no ano agrícola de 2000, a cultura antecessora foi a soja e o teor de matéria orgânica do solo foi de 2,3 %. O rendimento médio foi de 1320 kg.ha⁻¹, sendo o menor observado entre os cinco ensaios conduzidos. Em Victor Graeff, a cevada foi cultivada nos anos agrícolas de 2000 e 2001 após a cultura da soja e em solo apresentando médio teor de matéria orgânica (3,8 e 4,5 %, respectivamente). Neste local, ocorreram os maiores rendimentos de grãos, com médias de 3390 e 2850 kg.ha⁻¹ para os anos de 2000 e 2001, respectivamente. Para os locais onde se conduziram os experimentos em dois anos, os rendimentos médios, respectivamente para Eldorado do Sul e Victor Graeff, foram 12 e 19 % superiores no ano agrícola de 2000 em relação ao ano agrícola de 2001.

Os rendimentos de grãos em resposta ao estágio de aplicação de N, seguiram padrões distintos entre os locais e em função das doses e formas de aplicação do N (Figuras 1 a 5, Apêndice 3).

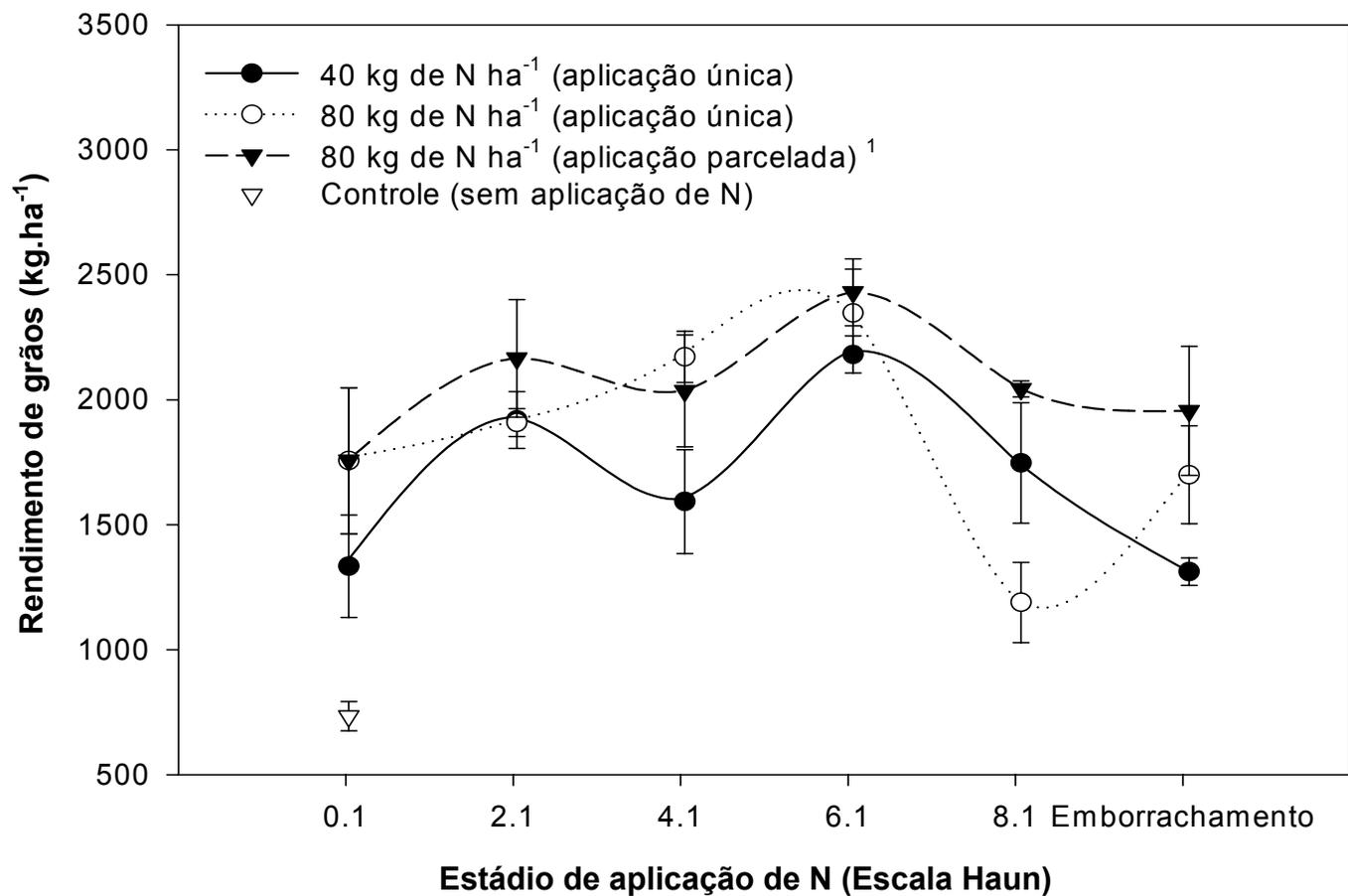


FIGURA 1 - Rendimento de grãos em resposta à aplicação de duas doses de N em seis diferentes estádios de desenvolvimento da cevada. Eldorado do Sul (RS), 2000.

¹ Os tratamentos referentes à aplicação de 80 kg de N ha⁻¹ de forma parcelada tiveram metade da dose aplicada na emergência das plântulas e metade aplicada em um dos demais estádios de desenvolvimento da cultura testados. Barras verticais representam o erro padrão da média.

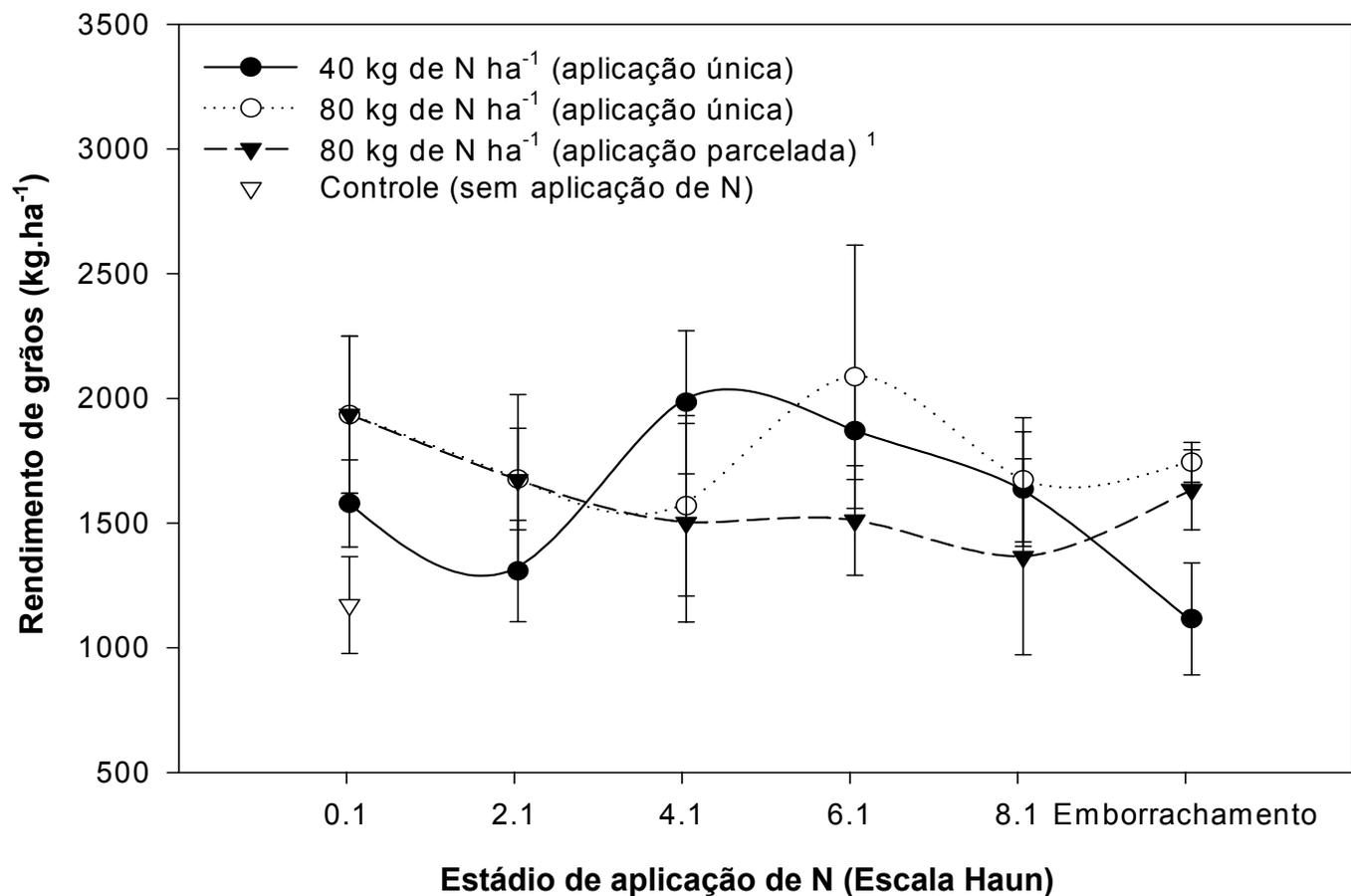


FIGURA 2 - Rendimento de grãos em resposta à aplicação de duas doses de N em seis diferentes estádios de desenvolvimento da cevada. Eldorado do Sul (RS), 2001.

¹ Os tratamentos referentes à aplicação de 80 kg de N ha⁻¹ de forma parcelada tiveram metade da dose aplicada na emergência das plântulas e metade aplicada em um dos demais estádios de desenvolvimento da cultura testados. Barras verticais representam o erro padrão da média.

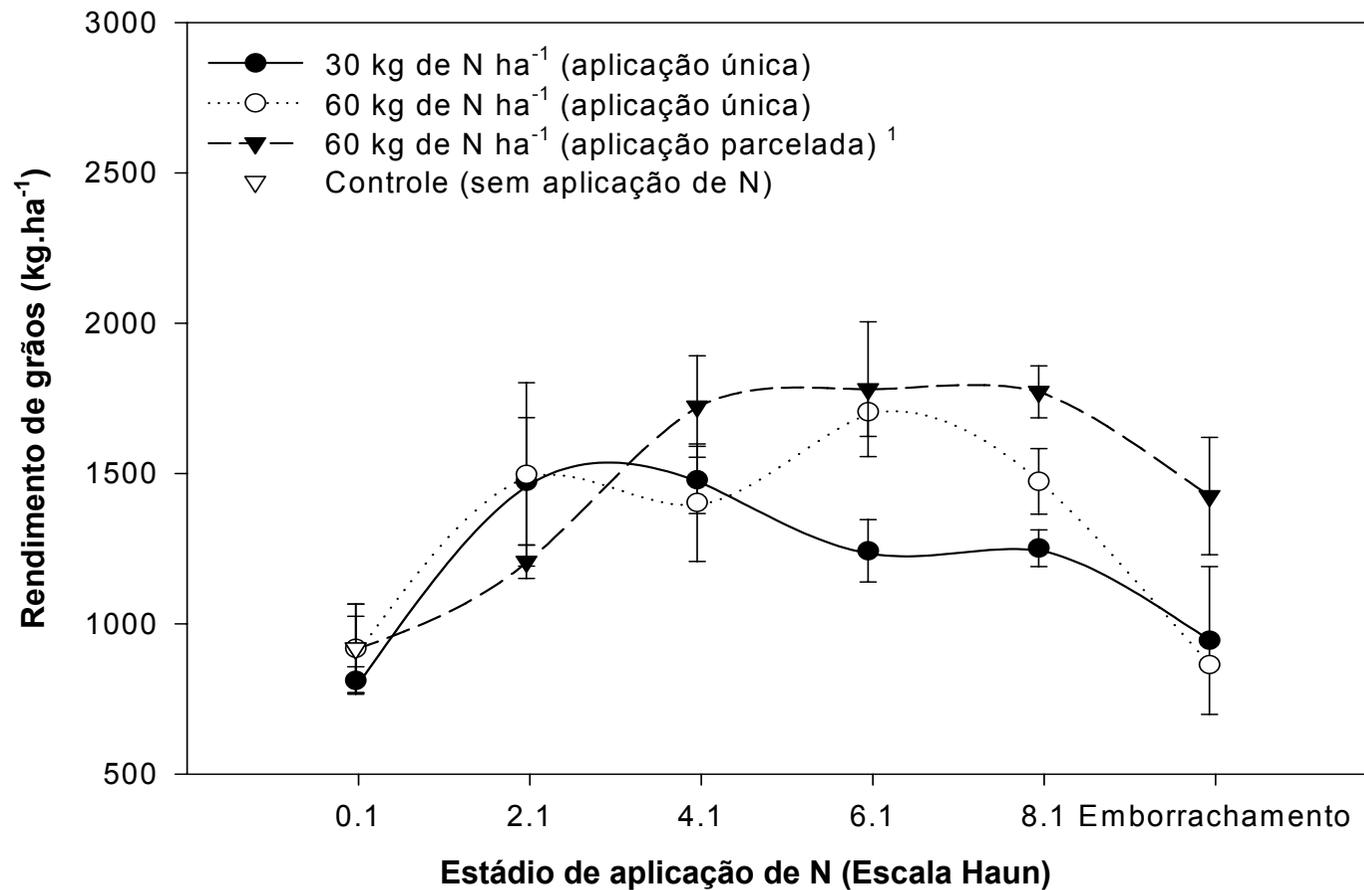


FIGURA 3 - Rendimento de grãos em resposta à aplicação de duas doses de N em seis diferentes estádios de desenvolvimento da cevada. Encruzilhada do Sul (RS), 2000.

¹ Os tratamentos referentes à aplicação de 60 kg de N ha⁻¹ de forma parcelada tiveram metade da dose aplicada na emergência das plântulas e metade aplicada em um dos demais estádios de desenvolvimento da cultura testados. Barras verticais representam o erro padrão da média.

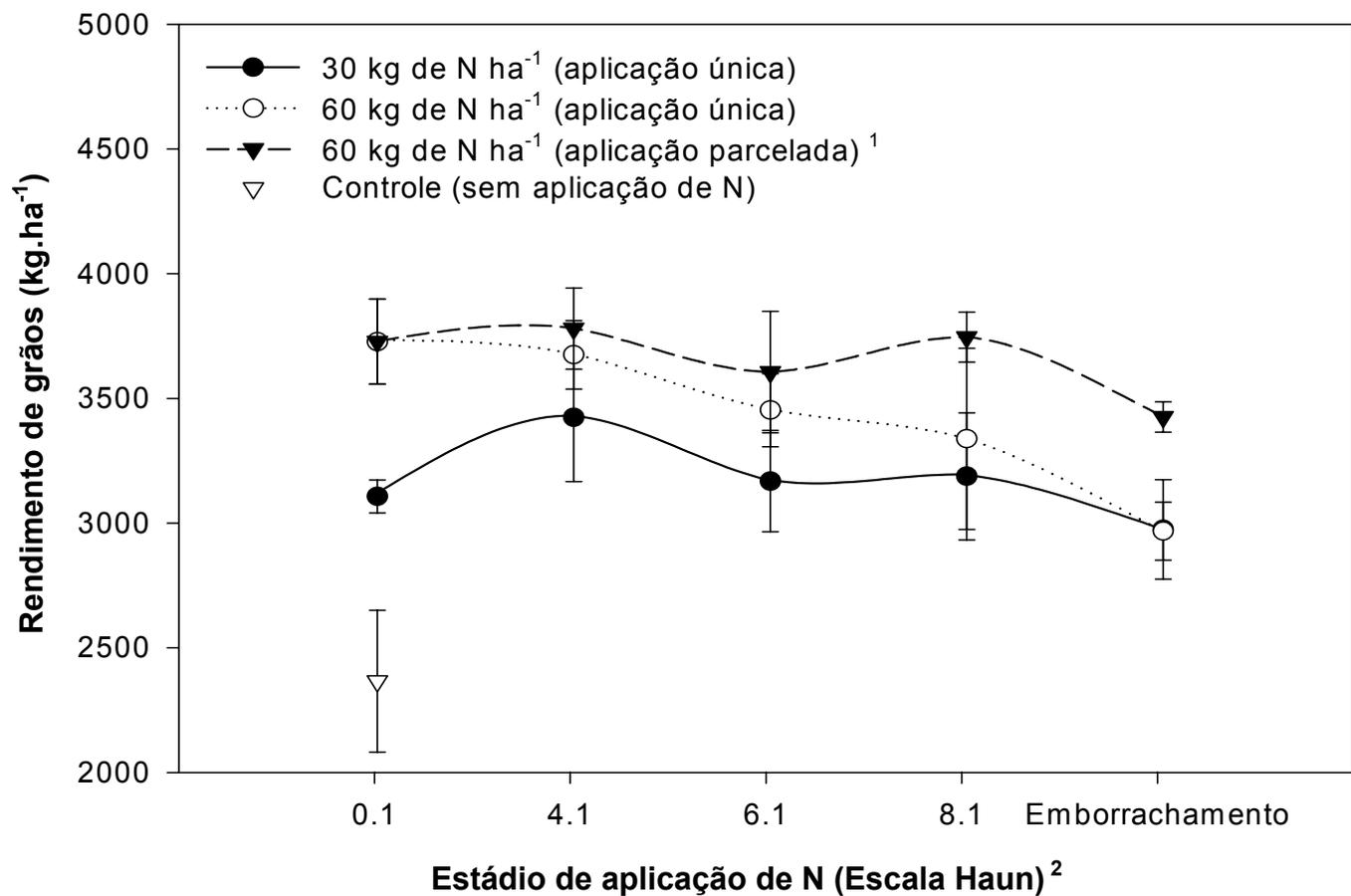


FIGURA 4 - Rendimento de grãos em resposta à aplicação de duas doses de N em cinco diferentes estádios de desenvolvimento da cevada. Victor Graeff (RS), 2000.

¹ Os tratamentos referentes à aplicação de 60 kg de N ha⁻¹ de forma parcelada tiveram metade da dose aplicada na emergência das plântulas e metade aplicada em um dos demais estádios de desenvolvimento da cultura testados. Barras verticais representam o erro padrão da média;

² Em Victor Graeff, no ano agrícola de 2000, não houve a aplicação de N por ocasião da emissão da 3^a folha.

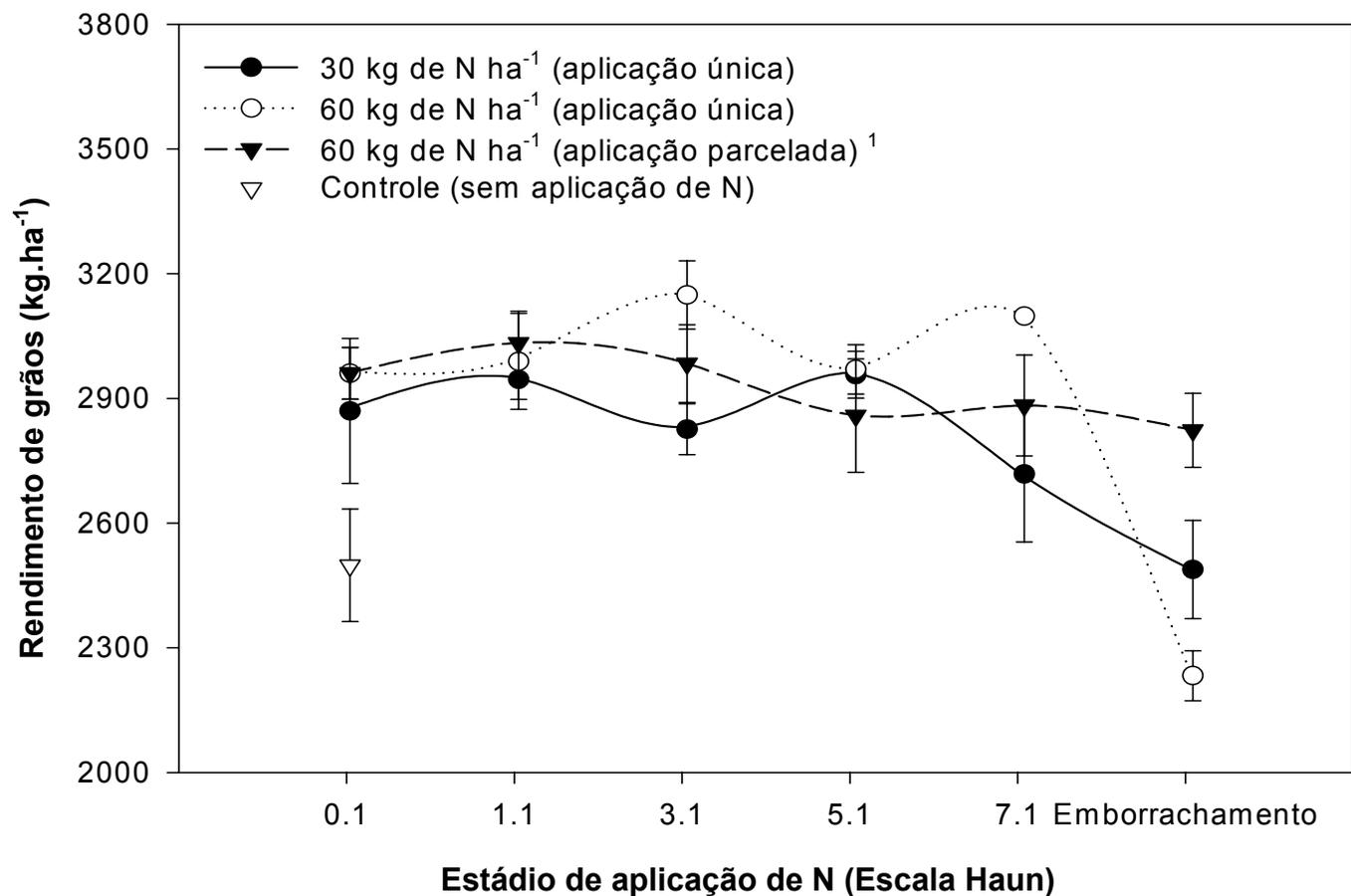


FIGURA 5 - Rendimento de grãos em resposta à aplicação de duas doses de N em seis diferentes estádios de desenvolvimento da cevada. Victor Graeff (RS), 2001.

¹ Os tratamentos referentes à aplicação de 60 kg de N ha⁻¹ de forma parcelada tiveram metade da dose aplicada na emergência das plântulas e metade aplicada em um dos demais estádios de desenvolvimento da cultura testados. Barras verticais representam o erro padrão da média.

Em Eldorado do Sul, no ano agrícola de 2000, todos os tratamentos com aplicação de N resultaram em acréscimos no rendimento quando comparados com o controle (Figura 1). As maiores respostas à aplicação de N foram observadas no período entre os estádios de emissão da 3ª folha até a emissão da 9ª folha do CP, que compreende o início do afilamento à fase de alongamento dos entrenós. Dentro desse período, os estádios mais responsivos foram os da emissão da 3ª e da 7ª folha do CP. No ano de 2001, não houve diferenças significativas entre os tratamentos (Figura 2, Apêndice 2). Desta forma, o período e os estádios críticos para suplementação nitrogenada não puderam ser avaliados.

Em Encruzilhada do Sul, no ano agrícola de 2000, os estádios de emergência das plântulas e emborrachamento não responderam à aplicação de N, não se observando rendimento de grãos diferentes ao do tratamento controle (Figura 3). O período mais responsivo à aplicação de N se estendeu da emissão da 3ª folha até à emissão da 9ª folha do CP.

Em Victor Graeff, no ano agrícola de 2000, todos os tratamentos com aplicação de N foram superiores a testemunha (Figura 4). Porém, observaram-se poucas diferenças entre as épocas, não se determinando claramente o período e os estádios de maiores respostas à aplicação de N. Esta análise também foi prejudicada pela ausência da aplicação de N por ocasião da emissão da 3ª folha. No ano agrícola de 2001, os estádios de aplicação de N foram antecidos em uma folha do CP em relação aos dos demais ensaios, com exceção da emergência e do emborrachamento. O período de maior resposta à aplicação de N se estendeu da emergência até a emissão da 8ª folha do CP (Figura 5,

Apêndice 1). A aplicação única das doses de N no emborrachamento não resultou em acréscimo no rendimento em relação ao controle. Os estádios de desenvolvimento que proporcionaram maiores rendimentos de grãos, foram afetados pela dose de N utilizada. Com 60 kg de N ha⁻¹, os estádios de emissão da 4^a e 8^a se mostraram mais responsivos à aplicação de N. Porém, com 30 kg de N ha⁻¹, os estádios de emissão da 2^a e 6^a folha proporcionaram maiores acréscimos no rendimento de grãos.

A aplicação parcelada, com exceção de Victor Graeff, no ano de 2001, de uma forma geral, promoveu maiores acréscimos no rendimento de grãos comparado com as aplicações únicas de N (Figuras 1, 3, 4 e 5). Em todos os casos, houve queda de rendimento quando o N foi aplicado após a emissão da 9^a folha do CP.

4.2. Componentes do rendimento

Os componentes do rendimento foram determinados em Eldorado do Sul, nos dois anos, mas somente em 2000 houve diferenças significativas entre os tratamentos (Apêndices 1 e 2). Desta forma, os dados abaixo se referem somente aos componentes do rendimento obtidos em 2000.

O número de espigas área⁻¹ obtido nos tratamentos que receberam N foi superior ao tratamento controle (Figura 6). As maiores respostas foram observadas no período compreendido entre a emissão da 5^a a 9^a folha do CP. Porém, as respostas entre as aplicações do início ao final deste período dependeram da dose e modo de N aplicado.

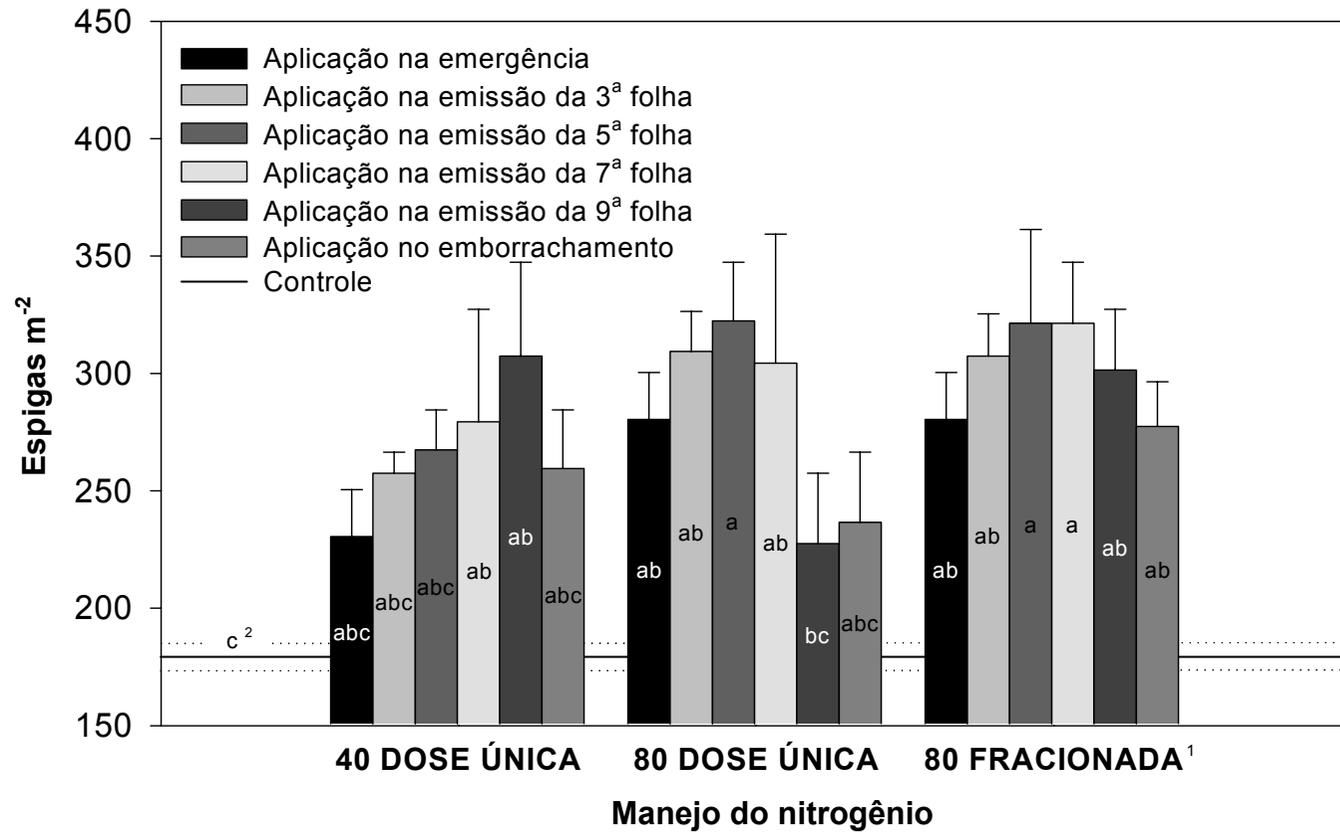


FIGURA 6 - Número de espigas metro⁻² em resposta à aplicação de duas doses de N em seis diferentes estádios de desenvolvimento da cevada. Eldorado do Sul (RS), 2000.

¹ Os tratamentos referentes à aplicação de 80 kg de N ha⁻¹ de forma parcelada tiveram metade da dose aplicada na emergência das plântulas e metade aplicada em um dos demais estádios de desenvolvimento da cultura testados;

² Médias de tratamentos com a mesma letra não se diferem pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade. Barras verticais e linhas pontilhadas representam o erro padrão da média.

O número de grãos produzidos por espiga aumentou nos tratamentos com a aplicação de N em comparação com o tratamento controle (Figura 7). Nos três manejos do N, o maior incremento no número de grãos espiga⁻¹ foi observado quando o N foi aplicado por ocasião da emissão da 7^a folha do CP. Este fato foi bem evidenciado quando se utilizou 40 ou 80 kg de N ha⁻¹ em aplicação única neste estágio. A aplicação tardia da maior dose de N no emborrachamento também resultou em maior número de grãos espiga⁻¹.

A massa de grãos, de uma forma geral, foi maior com a aplicação de N no final do ciclo vegetativo (emborrachamento) (Figura 8). Porém, se observaram incrementos na massa de grãos com aplicação de N em todos os estágios de desenvolvimento em relação ao controle.

4.3. Teor de proteína no grão

A análise do teor de proteína presente no grão foi realizada para os ensaios conduzidos em Eldorado do Sul, Encruzilhada do Sul e Victor Graeff, para o ano agrícola de 2000, com teores médios de 10,5, 10,3 e 10,5 %, respectivamente. Para os três locais houve diferenças entre os tratamentos testados (Apêndice 2). A aplicação de N somente a partir da emissão da 9^a folha resultou em aumento nos teores de proteína no grão (Figuras 9 a 11). Este fato foi mais evidente para a aplicação da maior dose de N de forma única, cujos teores alcançados foram superiores ao teor máximo de proteína aceitável para a indústria cervejeira (12 %). Para Eldorado do Sul, os maiores teores de proteína foram obtidos com a aplicação da maior dose de N em aplicação única no

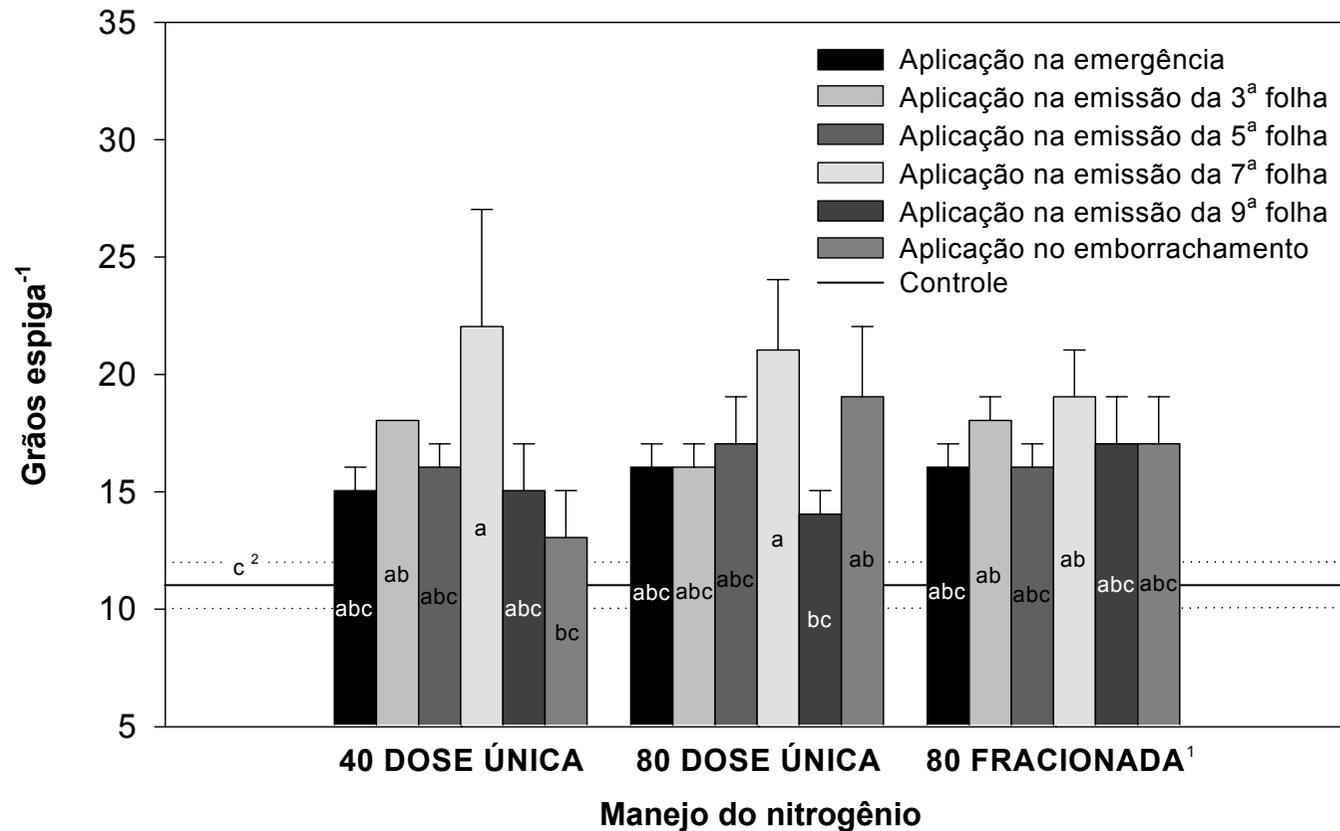


FIGURA 7 - Número de grãos espiga⁻¹ em resposta à aplicação de duas doses de N em seis diferentes estádios de desenvolvimento da cevada. Eldorado do Sul (RS), 2000.

¹ Os tratamentos referentes à aplicação de 80 kg de N ha⁻¹ de forma parcelada tiveram metade da dose aplicada na emergência das plântulas e metade aplicada em um dos demais estádios de desenvolvimento da cultura testados;

² Médias de tratamentos com a mesma letra não se diferem pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade. Barras verticais e linhas pontilhadas representam o erro padrão da média.

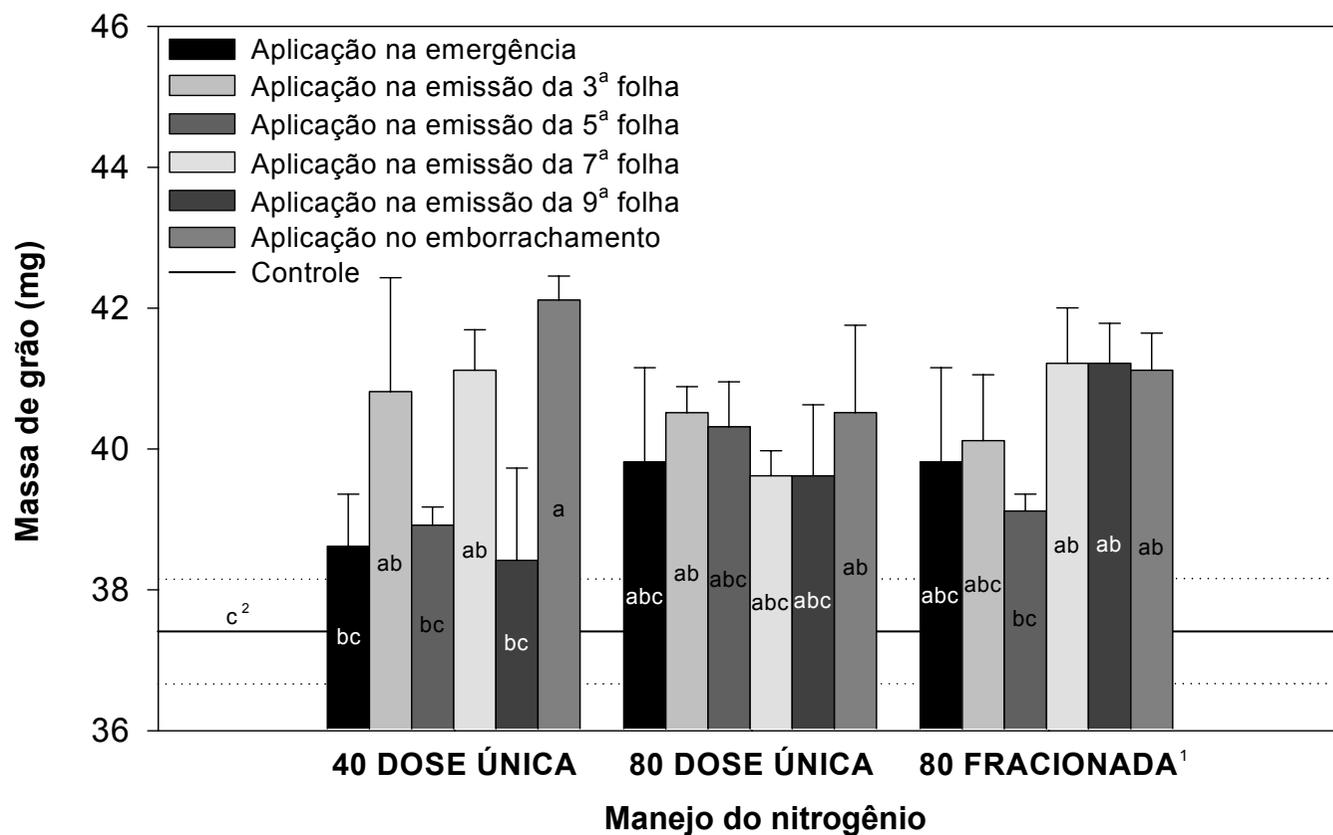


FIGURA 8 - Massa de grão em resposta à aplicação de duas doses de N em seis diferentes estádios de desenvolvimento da cevada. Eldorado do Sul (RS), 2000.

¹ Os tratamentos referentes à aplicação de 80 kg de N ha⁻¹ de forma parcelada tiveram metade da dose aplicada na emergência das plântulas e metade aplicada em um dos demais estádios de desenvolvimento da cultura testados;

² Médias de tratamentos com a mesma letra não se diferem pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade. Barras verticais e linhas pontilhadas representam o erro padrão da média.

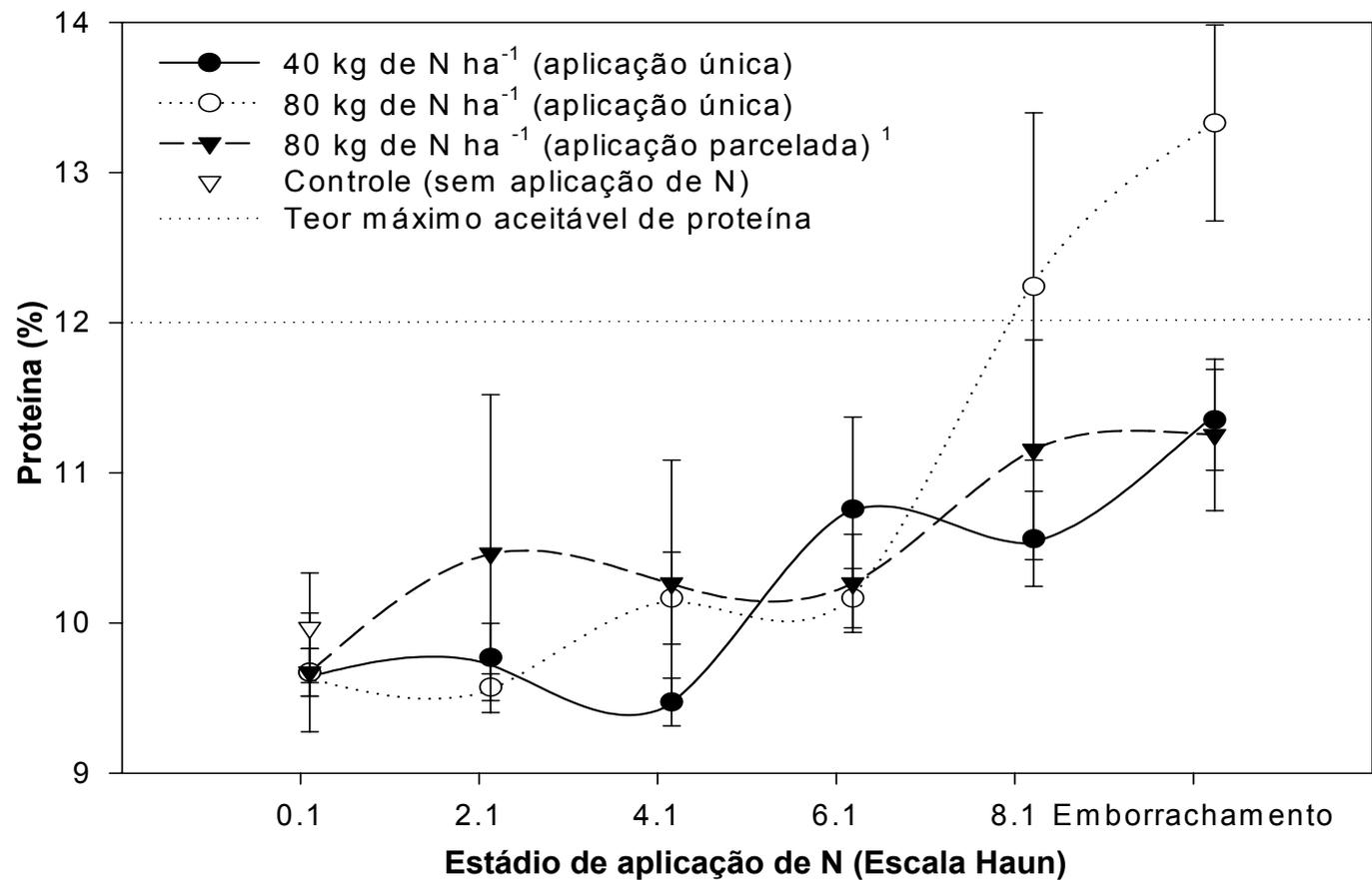


FIGURA 9 - Teor de proteína no grão em resposta à aplicação de duas doses de N em seis diferentes estádios de desenvolvimento da cultura. Eldorado do Sul (RS), 2000.

¹ Os tratamentos referentes à aplicação de 80 kg de N ha⁻¹ de forma parcelada tiveram metade da dose aplicada na emergência das plântulas e metade aplicada em um dos demais estádios de desenvolvimento da cultura testados. Barras verticais representam o erro padrão da média.

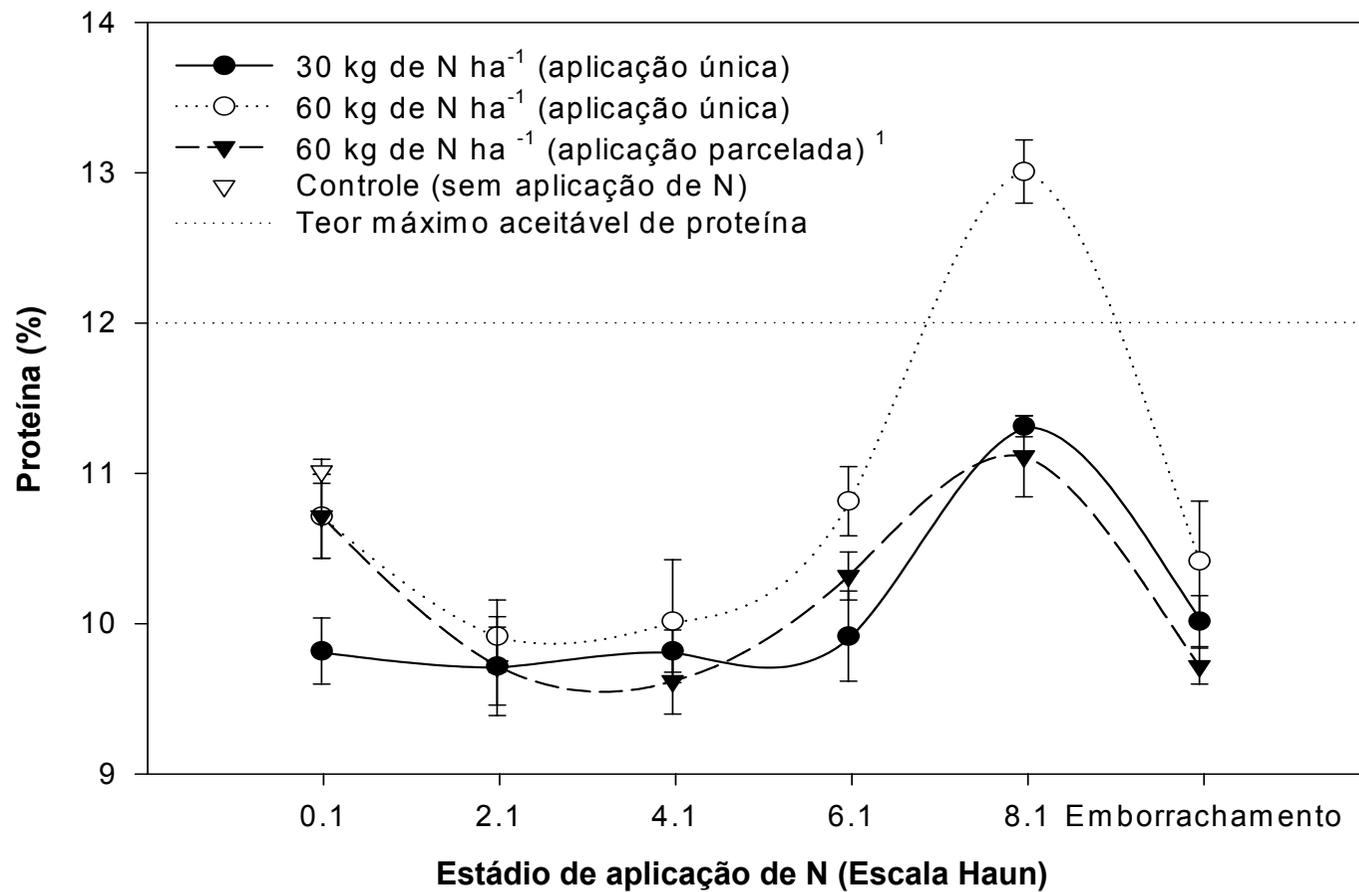


FIGURA 10 - Teor de proteína no grão em resposta à aplicação de N em seis diferentes estádios de desenvolvimento da cultura. Encruzilhada do Sul (RS), 2000.

¹ Os tratamentos referentes à aplicação de 60 kg de N ha⁻¹ de forma parcelada tiveram metade da dose aplicada na emergência das plântulas e metade aplicada em um dos demais estádios de desenvolvimento da cultura testados. Barras verticais representam o erro padrão da média.

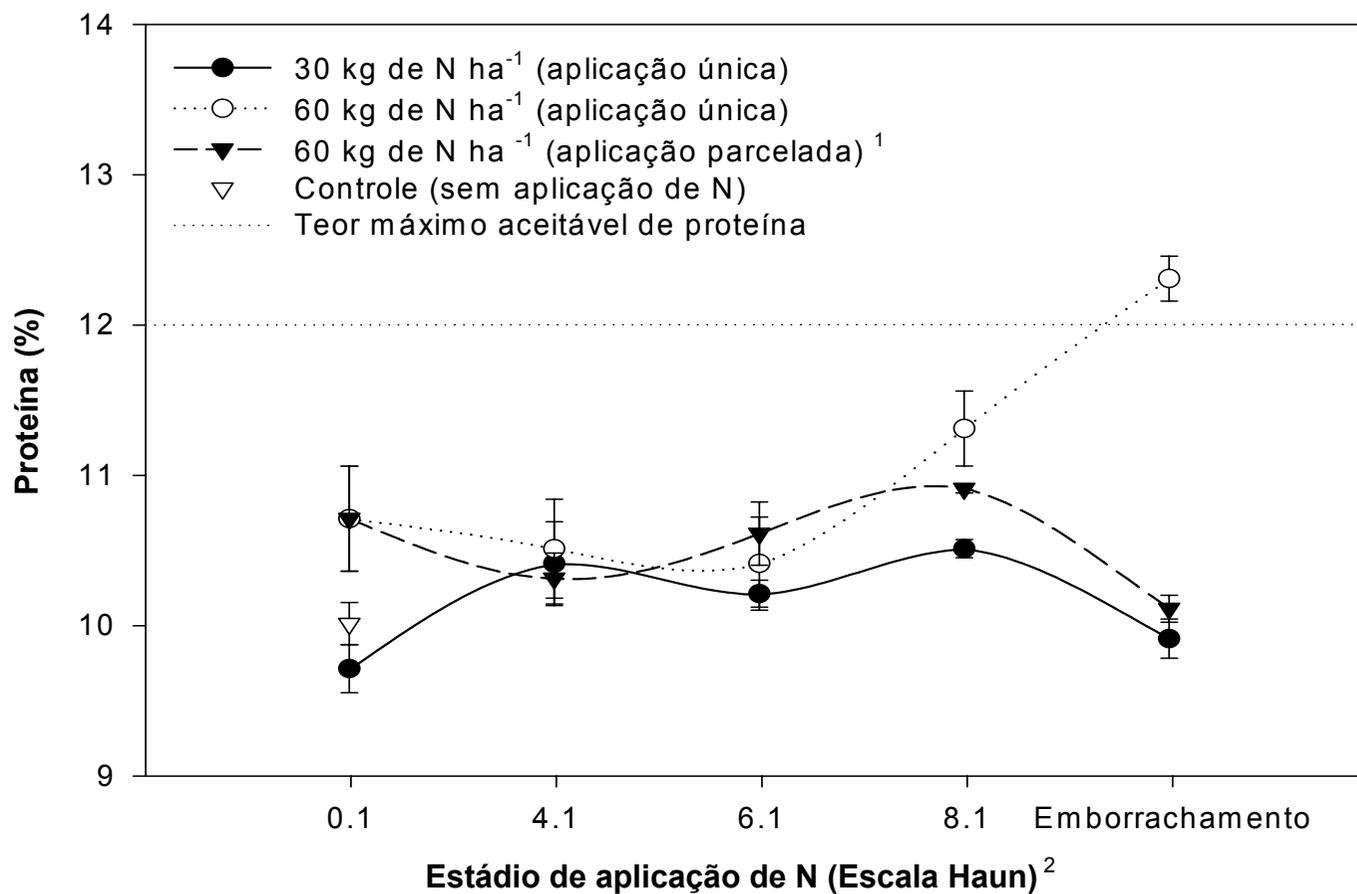


FIGURA 11 - Teor de proteína no grão em resposta à aplicação de N em cinco diferentes estádios de desenvolvimento da cultura. Victor Graeff (RS), 2000.

¹ Os tratamentos referentes à aplicação de 60 kg de N ha⁻¹ de forma parcelada tiveram metade da dose aplicada na emergência das plântulas e metade aplicada em um dos demais estádios de desenvolvimento da cultura testados. Barras verticais representam o erro padrão da média;

² em Victor Graeff no ano agrícola de 2000, não houve a aplicação de N por ocasião da emissão da 3ª folha.

emborrachamento (Figura 9). Já em Encruzilhada do Sul, a aplicação de N por ocasião da emissão da 9ª folha resultou nos maiores acréscimos nos teores de proteína, decrescendo em estágio posterior (emborrachamento) (Figura 10). Em Victor Graeff, os estádios de aplicação de N que resultaram em maiores teores de proteína no grão, variaram de acordo com o sistema de manejo do N (Figura 11). Para a maior dose de N sem parcelamento, a aplicação no emborrachamento resultou em maior incremento no teor de proteína, porém para os outros dois manejos do N, estes maiores incrementos foram observados com a aplicação de N na emissão da 9ª folha, decrescendo no estágio subsequente (emborrachamento).

4.4. Classificação de grãos

A classificação de grãos por tamanho foi realizada nos ensaios conduzidos no ano agrícola de 2000. A porcentagem de grãos classificados em grãos de primeira (> 2,5 mm) não apresentou diferenças estatísticas entre tratamentos para os três locais analisados (Tabela 3, Apêndices 1 e 2). A porcentagem média de grãos de primeira foi de 94, 68 e 86 % para Eldorado do Sul, Encruzilhada do Sul e Victor Graeff, respectivamente.

4.5. Massa seca da parte aérea

O acúmulo de MS da parte aérea foi determinado em Eldorado do Sul, nos anos agrícolas de 2000 e 2001. O período em que foi realizado o acompanhamento da evolução de MS da parte aérea (da emissão da 7ª folha ao espigamento), correspondeu à fase linear de acúmulo pela planta.

TABELA 3 - Percentagem de grãos de primeira classe (>2,5mm) em função da aplicação de duas doses de N em seis (cinco) estádios de desenvolvimento da cevada. Eldorado do Sul, Encruzilhada do Sul e Victor Graeff (RS), 2000.

Tratamentos	Eldorado do Sul	Encruzilhada do Sul	Victor Graeff ¹
Controle	93	73	87
Aplicação única de 40 kg de N ha⁻¹			
Emergência	94	69	87
Emissão da 3 ^a folha	95	71	---
Emissão da 5 ^a folha	94	71	84
Emissão da 7 ^a folha	94	65	87
Emissão da 9 ^a folha	91	55	85
Emborrachamento	95	64	85
Aplicação única de 80 kg de N ha⁻¹			
Emergência	95	65	84
Emissão da 3 ^a folha	93	68	---
Emissão da 5 ^a folha	94	71	84
Emissão da 7 ^a folha	93	66	88
Emissão da 9 ^a folha	92	64	77
Emborrachamento	95	67	87
Aplicação parcelada de 80 kg de N ha⁻¹ (40 kg de N ha⁻¹ na emergência)			
Emissão da 3 ^a folha	94	73	---
Emissão da 5 ^a folha	94	70	85
Emissão da 7 ^a folha	94	74	90
Emissão da 9 ^a folha	93	70	88
Emborrachamento	95	74	90
Média geral	94 ns	68 ns	86 ns
C.V.	1,8	10,8	12,9

¹ em Victor Graeff no ano agrícola de 2000, não houve aplicação de N por ocasião da emissão da 3^a folha.

Assim, foram ajustadas retas para os dados obtidos em função dos dias, após a emergência, onde foram realizadas as amostragens (Figuras 12 a 17). O ajuste dos dados obtido para cada tratamento foi significativo (Apêndice 6).

Em Eldorado do Sul, no ano agrícola de 2000, o tratamento controle (sem aplicação de N) resultou na menor taxa de acúmulo de massa seca da parte aérea entre os tratamentos testados (Figuras 11 a 13). A análise comparativa dos coeficientes de regressão linear (b) entre a aplicação única das doses de N e o tratamento sem N (controle), mostra, de uma forma geral, acréscimos na taxa de acúmulo de massa seca quando o N foi aplicado entre a emergência das plântulas até a emissão da 7^a folha do CP (Figuras 12 e 13, Tabela 4). Dentro deste período não se observaram diferenças com a aplicação de N entre os estádios fenológicos. Quando houve disponibilidade inicial de N, pelo fracionamento da maior dose de N na emergência e em um dos demais estádios fenológicos estudados, a segunda aplicação de N não resultou em incrementos na taxa de acúmulo de massa seca (Figura 14, Tabela 4). Neste caso, as aplicações parceladas de N não resultaram em acréscimos na taxa de acúmulo de massa seca quando comparadas com o tratamento que recebeu a menor dose de N na semeadura (Tabela 4). Na comparação entre as duas doses de N, não se observaram, com exceção do estágio de emissão da 5^a folha, aumentos nas taxas de acúmulo de massa seca da parte aérea com o aumento da dose de N (Figuras 12 e 13, Tabela 4). O fracionamento da aplicação da maior dose de N somente favoreceu o incremento da taxa de acúmulo de massa seca após o estágio de emissão da 9^a folha do CP (Tabela 4).

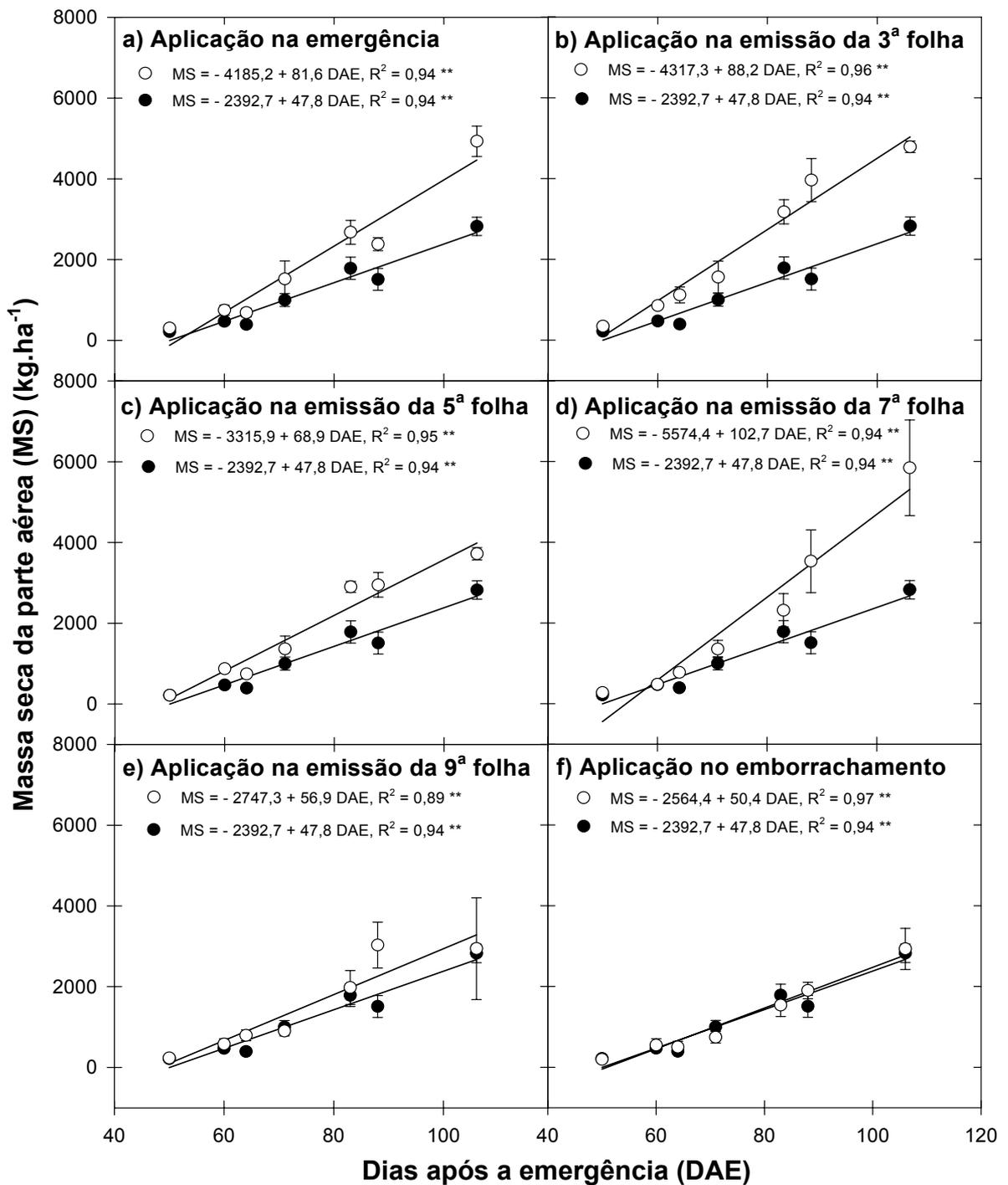


FIGURA 12 - Evolução da produção de massa seca da parte aérea com a aplicação de 40 kg de N ha⁻¹ em seis diferentes estádios de desenvolvimento da cultura (○) e sem a aplicação de N (●). Eldorado do Sul (RS), 2000.

** Ajuste dos dados a uma equação linear significativo a 0,01 %, pelo F-teste. Barras verticais representam o erro padrão da média.

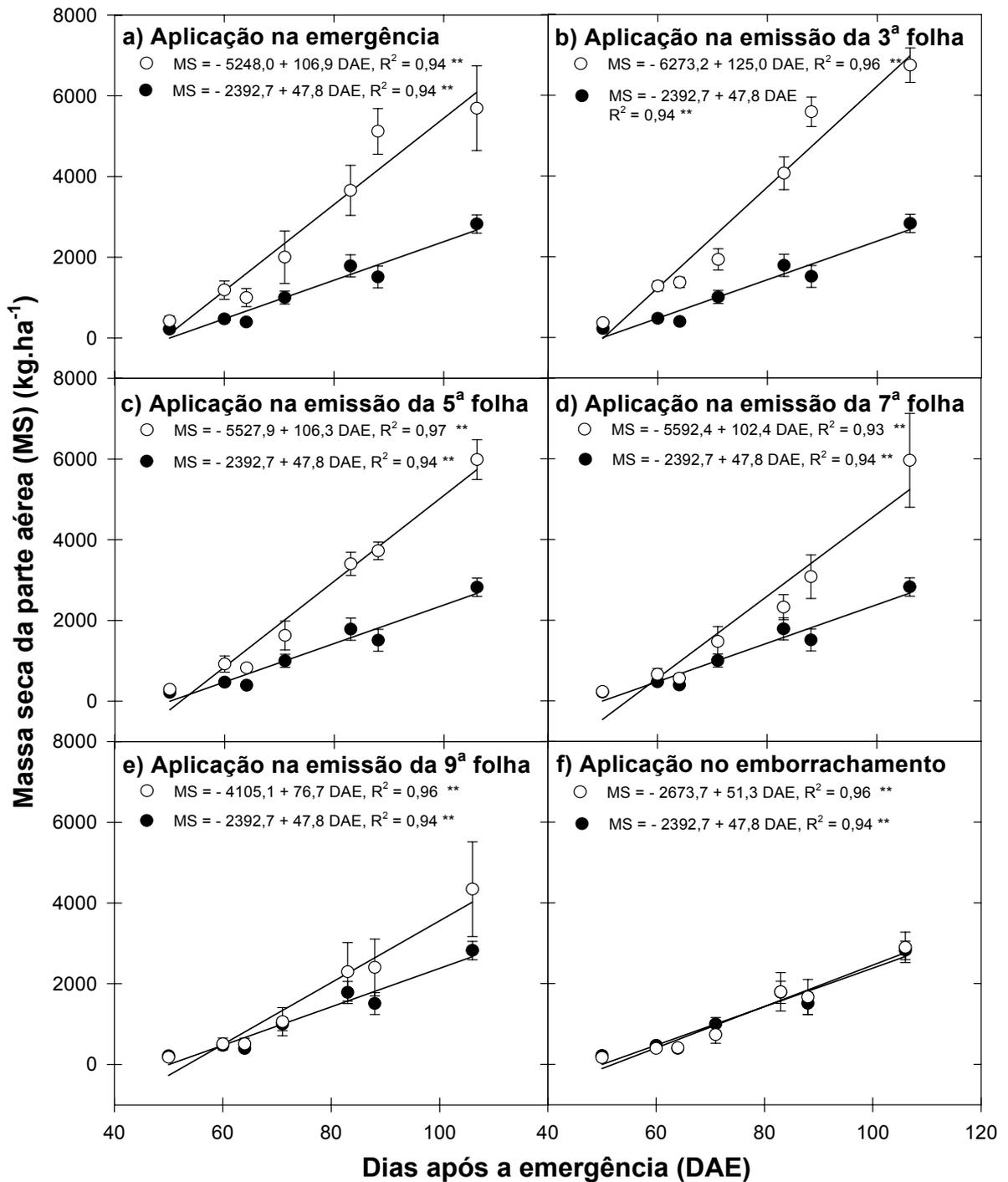


FIGURA 13 - Evolução da produção de massa seca da parte aérea com a aplicação de 80 kg de N ha⁻¹ em seis diferentes estádios de desenvolvimento da cultura (○) e sem a aplicação de N (●). Eldorado do Sul (RS), 2000.

** Ajuste dos dados a uma equação linear significativo a 0,01 %, pelo F-teste. Barras verticais representam o erro padrão da média.

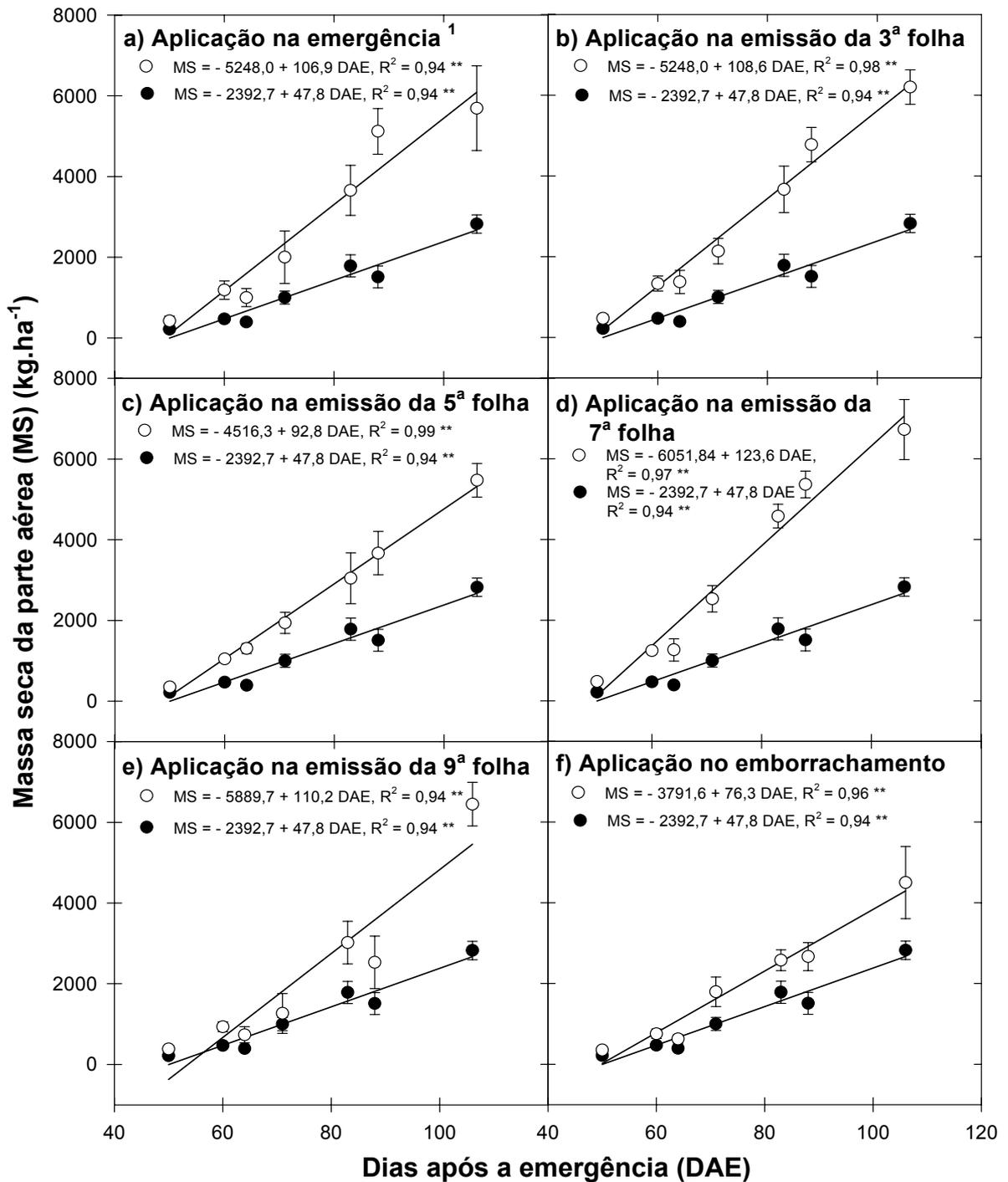


FIGURA 14 - Evolução da produção de massa seca da parte aérea com a aplicação de 40 kg de N ha⁻¹ na emergência + 40 kg de N ha⁻¹ em cinco diferentes estádios de desenvolvimento da cultura (○) e sem a aplicação de N (●). Eldorado do Sul (RS), 2000.

¹ A figura 13a se refere à aplicação única de 80 kg de N ha⁻¹ na emergência;

** Ajuste dos dados a uma equação linear significativo a 0,01 %, pelo F-teste. Barras verticais representam o erro padrão da média.

TABELA 4 - Comparação do coeficiente de regressão linear (b) das equações lineares ajustadas para a evolução de massa seca em resposta à aplicação de duas doses de N em seis estádios de desenvolvimento da cevada. Eldorado do Sul (RS), 2000.

Tratamentos	Controle	Aplicação única de 40 kg de N ha ⁻¹						Aplicação única de 80 kg de N ha ⁻¹						Aplicação parcelada de 80 kg de N ha ⁻¹						
		0.1	2.1	4.1	6.1	8.1	Emb.	0.1	2.1	4.1	6.1	8.1	Emb.	2.1	4.1	6.1	8.1	Emb.		
Controle	-	**	**	**	**	ns	ns	**	**	**	**	**	**	ns	**	**	**	**	**	
Aplicação única de 40 kg de N ha⁻¹	0.1	**	-	ns	ns	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	
	2.1	**	ns	-	ns	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	
	4.1	**	ns	ns	-	ns	ns	**	**	**	**	ns	ns	**	**	ns	**	**	ns	
	6.1	**	ns	ns	ns	-	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	
	8.1	ns	**	**	ns	**	-	ns	**	**	**	**	ns	ns	**	**	**	**	**	ns
	Emb.	ns	**	**	**	**	ns	-	**	**	**	**	**	ns	**	**	**	**	**	**
Aplicação única de 80 kg de N ha⁻¹	0.1	**	ns	ns	**	ns	**	**	-	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	
	2.1	**	ns	ns	**	ns	**	**	ns	-	ns	ns	**	**	ns	ns	ns	ns	**	
	4.1	**	ns	ns	**	ns	**	**	ns	ns	-	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	
	6.1	**	ns	ns	ns	ns	**	**	ns	ns	ns	-	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	
	8.1	**	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	**	ns	ns	-	**	ns	ns	**	ns	ns	
	Emb.	ns	**	**	**	**	ns	ns	**	**	**	**	**	-	**	**	**	**	**	**
Aplicação parcelada de 80 kg de N ha⁻¹	2.1	**	ns	ns	**	ns	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	**	-	ns	ns	ns	ns	
	4.1	**	ns	ns	ns	ns	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	-	ns	ns	ns	
	6.1	**	ns	ns	**	ns	**	**	ns	ns	ns	ns	**	**	ns	ns	-	ns	**	
	8.1	**	ns	ns	**	ns	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	-	ns	
	Emb.	**	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	**	ns	ns	ns	**	ns	ns	**	ns	-	

** = coeficientes de regressão linear (b) de duas retas se diferem pelo t-teste, a 1 % de probabilidade; ns = não há diferenças entre os coeficientes de regressão linear (b) das duas retas pelo t-teste, a 1 % de probabilidade.

Em Eldorado do Sul, no ano agrícola de 2001, as aplicações de N em todos os estádios fenológicos aumentaram a taxa de acúmulo de MS em relação ao controle, com exceção da aplicação de 40 kg de N ha⁻¹ no emborrachamento (Figuras 15 a 17, Tabela 5). Não houve diferenças na taxa de acúmulo de massa seca entre as épocas e as doses de aplicação de N, com exceção da aplicação de 40 kg de N ha⁻¹ no emborrachamento.

A produção final de massa seca da parte aérea (rendimento biológico) foi determinada na maturação de colheita em Eldorado do Sul, nos dois anos. O rendimento biológico médio obtido entre os tratamentos foi de 4420 e 4880 kg.ha⁻¹ nos anos agrícolas de 2000 e 2001, respectivamente (Tabelas 2 e 3). Os maiores acréscimos no rendimento biológico, no ano de 2000, foram observados quando o N foi aplicado entre a emergência e a emissão da 9^a folha do CP, para as aplicações únicas do N, ou entre todos os estádios para a aplicação parcelada do N (Tabela 6). Entre estes períodos, para todos os manejos do N, a aplicação de N por ocasião da emissão da 7^a folha favoreceu os maiores rendimentos biológicos observados. No ano de 2001, não se observaram diferenças no rendimento biológico entre os tratamentos avaliados.

O índice de colheita em Eldorado do Sul, nos anos agrícolas de 2000 e 2001, não foi afetado pela dose e época de aplicação de N (Tabelas 2 e 3). Os índices de colheita médio obtido nestes anos foram de 41,1 e 35,5 %, respectivamente.

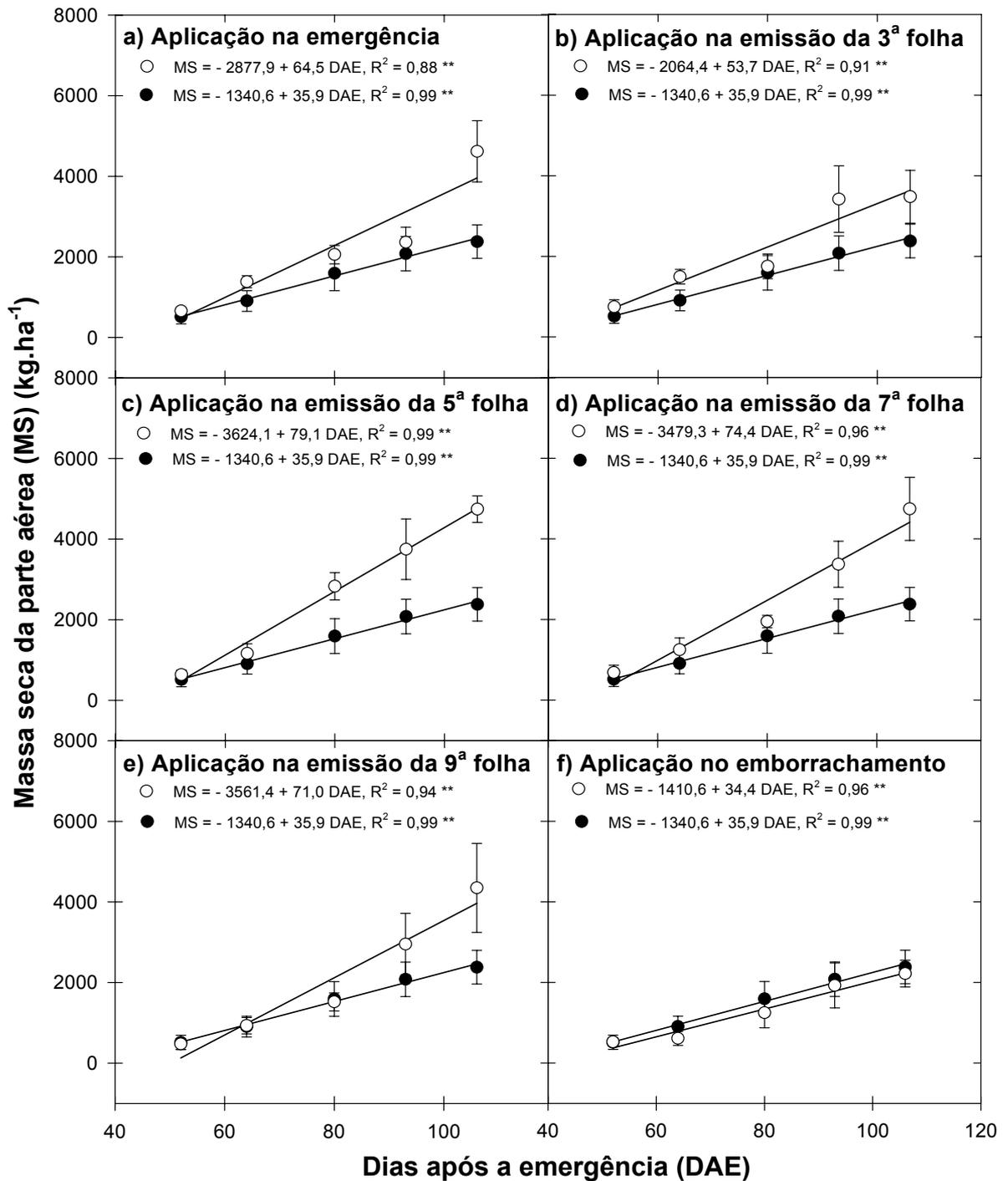


FIGURA 15 - Evolução da produção de massa seca da parte aérea com a aplicação de 40 kg de N ha⁻¹ em seis diferentes estádios de desenvolvimento da cultura (○) e sem a aplicação de N (●). Eldorado do Sul (RS), 2001.

** Ajuste dos dados a uma equação linear significativo a 0,01 %, pelo F-teste. Barras verticais representam o erro padrão da média.

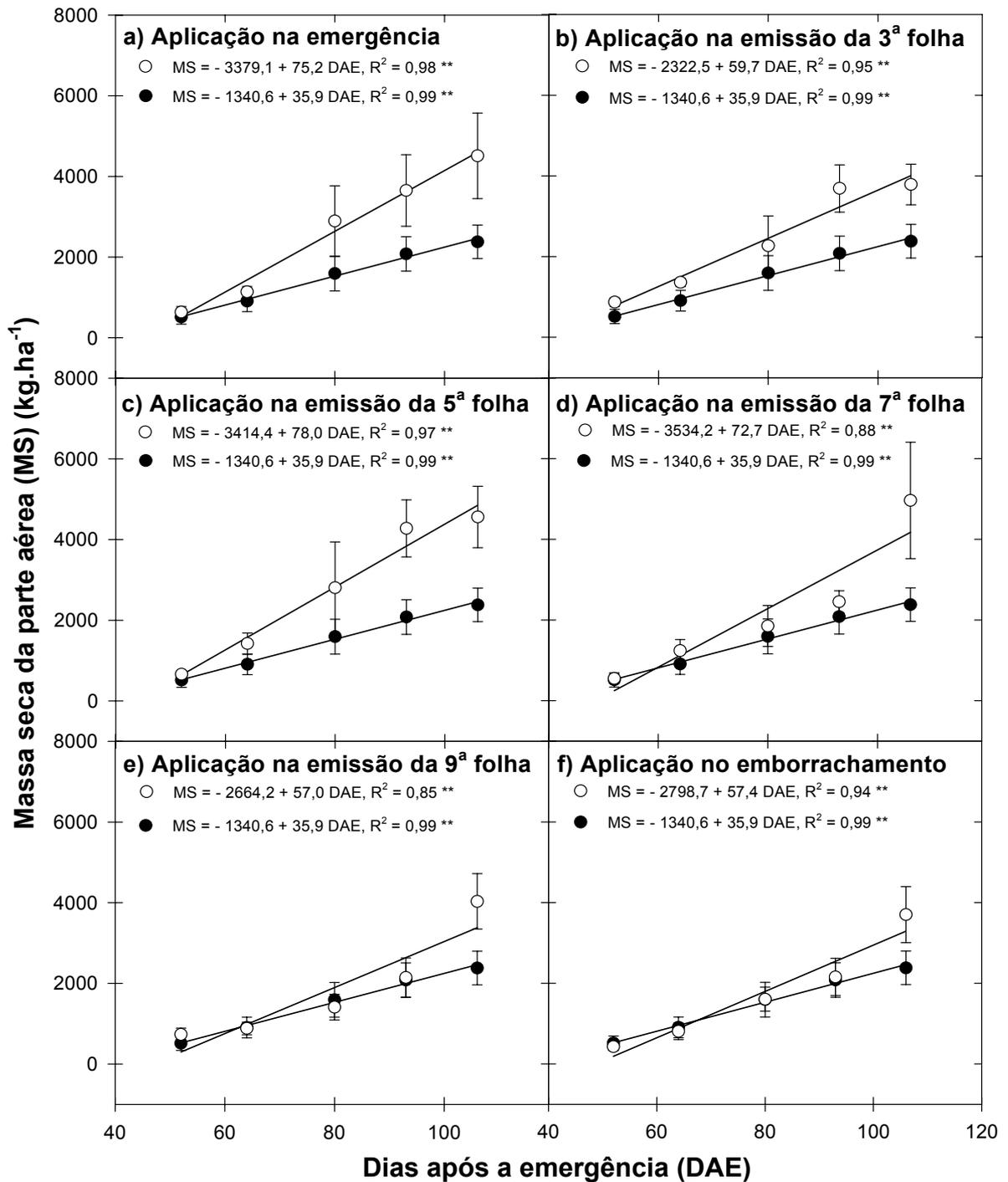


FIGURA 16 - Evolução da produção de massa seca da parte aérea com a aplicação de 80 kg de N ha⁻¹ em seis diferentes estádios de desenvolvimento da cultura (○) e sem a aplicação de N (●). Eldorado do Sul (RS), 2001.

** Ajuste dos dados a uma equação linear significativo a 0,01 %, pelo F-teste. Barras verticais representam o erro padrão da média.

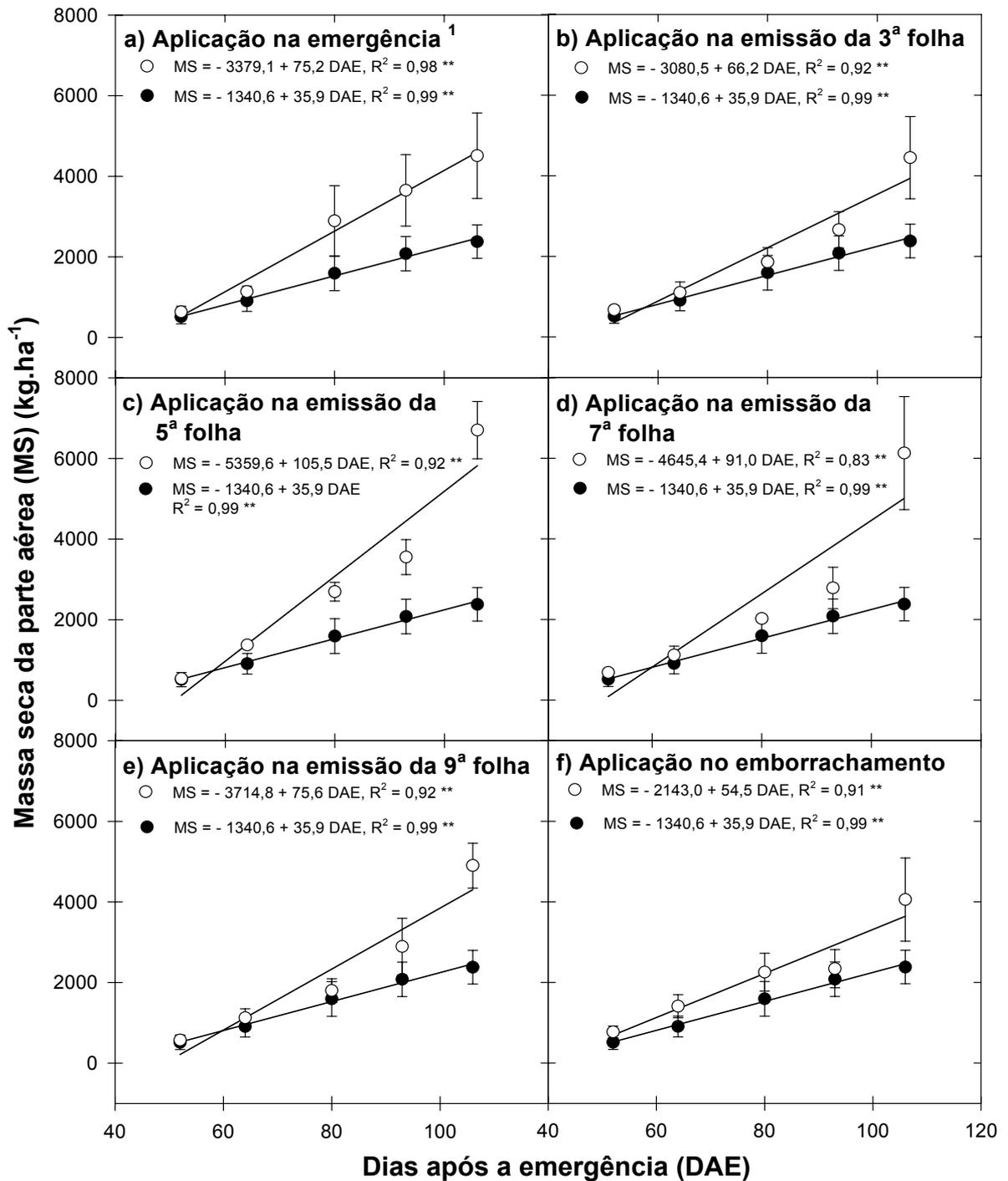


FIGURA 17 - Evolução da produção de massa seca da parte aérea com a aplicação de 40 kg de N ha⁻¹ na emergência + 40 kg de N ha⁻¹ em cinco diferentes estádios de desenvolvimento da cultura (○) e sem a aplicação de N (●). Eldorado do Sul (RS), 2001.

¹ A figura 13a se refere à aplicação única de 80 kg de N ha⁻¹ na emergência;

** Ajuste dos dados a uma equação linear significativo a 0,01 %, pelo F-teste. Barras verticais representam o erro padrão da média.

TABELA 5 - Comparação do coeficiente de regressão linear (b) das equações lineares ajustadas para a evolução de massa seca, em resposta à aplicação de duas doses de N em seis estádios de desenvolvimento da cevada. Eldorado do Sul (RS), 2001.

Tratamentos	Controle	Aplicação única de 40 kg de N ha ⁻¹						Aplicação única de 80 kg de N ha ⁻¹						Aplicação parcelada de 80 kg de N ha ⁻¹					
		0.1	2.1	4.1	6.1	8.1	Emb.	0.1	2.1	4.1	6.1	8.1	Emb.	2.1	4.1	6.1	8.1	Emb.	
Controle	-	**	**	**	**	**	ns	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Aplicação única de 40 kg de N ha⁻¹	0.1	**	-	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	2.1	**	ns	-	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	4.1	**	ns	ns	-	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	6.1	**	ns	ns	ns	-	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	8.1	**	ns	ns	ns	ns	-	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Emb.	ns	**	**	**	**	**	-	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Aplicação única de 80 kg de N ha⁻¹	0.1	**	ns	ns	ns	ns	ns	**	-	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	2.1	**	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	-	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	4.1	**	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	-	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	6.1	**	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	-	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	8.1	**	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	-	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Emb.	**	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	-	ns	ns	ns	ns	ns
Aplicação parcelada de 80 kg de N ha⁻¹	2.1	**	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-	ns	ns	ns	ns
	4.1	**	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-	ns	ns	ns
	6.1	**	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-	ns	ns
	8.1	**	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-	ns
	Emb.	**	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

** = coeficientes de regressão linear (b) de duas retas se diferem pelo t-teste, a 1 % de probabilidade; ns = não há diferenças entre os coeficientes de regressão linear (b) das duas retas pelo t-teste, a 1 % de probabilidade.

TABELA 6 - Rendimento biológico e índice de colheita em função da aplicação de duas doses de N em seis estádios de desenvolvimento da cevada. Eldorado do Sul (RS), 2000.

Tratamentos	Rendimento biológico	Índice de colheita
	kg.ha ⁻¹	%
Controle	1980 e ¹	38,2
Aplicação única de 40 kg de N ha⁻¹		
Emergência	3380 d	41,0
Emissão da 3 ^a folha	4550 abcd	42,7
Emissão da 5 ^a folha	4510 abcd	37,7
Emissão da 7 ^a folha	5350 a	41,0
Emissão da 9 ^a folha	4240 abcd	40,7
Emborrachamento	3460 cd	38,5
Aplicação única de 80 kg de N ha⁻¹		
Emergência	4540 abcd	39,0
Emissão da 3 ^a folha	4630 abcd	41,7
Emissão da 5 ^a folha	5130 a	42,2
Emissão da 7 ^a folha	5420 a	44,5
Emissão da 9 ^a folha	3500 cd	34,5
Emborrachamento	3690 bcd	46,5
Aplicação parcelada de 80 kg de N ha⁻¹ (40 kg de N ha⁻¹ na emergência)		
Emissão da 3 ^a folha	5060 a	43,0
Emissão da 5 ^a folha	4900 ab	41,5
Emissão da 7 ^a folha	5550 a	44,0
Emissão da 9 ^a folha	4940 ab	42,2
Emborrachamento	4710 abc	41,2
Média geral	4420	41,1 ns
C.V.	17,8	12,2

¹ Médias seguidas pela mesma letra na coluna não se diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

TABELA 7 - Rendimento biológico e índice de colheita em função da aplicação de duas doses de N em seis estádios de desenvolvimento da cevada. Eldorado do Sul (RS), 2001.

Tratamentos	Rendimento biológico		Índice de colheita	
	kg.ha ⁻¹		%	
Controle	3910		31,9	
Aplicação única de 40 kg de N ha⁻¹				
Emergência	5000		35,1	
Emissão da 3 ^a folha	5380		24,8	
Emissão da 5 ^a folha	5040		39,3	
Emissão da 7 ^a folha	5860		33,8	
Emissão da 9 ^a folha	5060		33,0	
Emborrachamento	3380		41,3	
Aplicação única de 80 kg de N ha⁻¹				
Emergência	4770		41,8	
Emissão da 3 ^a folha	4900		39,9	
Emissão da 5 ^a folha	4910		32,5	
Emissão da 7 ^a folha	5510		36,5	
Emissão da 9 ^a folha	5040		34,6	
Emborrachamento	3960		50,6	
Aplicação parcelada de 80 kg de N ha⁻¹ (40 kg de N ha⁻¹ na emergência)				
Emissão da 3 ^a folha	5270		34,7	
Emissão da 5 ^a folha	5180		30,6	
Emissão da 7 ^a folha	5530		29,0	
Emissão da 9 ^a folha	4040		33,7	
Emborrachamento	5060		35,2	
Média geral	4880 ns		35,5 ns	
C.V.	24,7		42,6	

4.6. Estatura e acamamento de planta

A estatura de planta foi determinada em Eldorado do Sul, no ano agrícola de 2000. Ocorreu a maior estatura de planta quando 40 ou 80 kg de N ha^{-1} foram aplicados no estágio de emissão da 3ª folha do CP (Tabela 8). Porém, quando a maior dose foi parcelada, a aplicação de N por ocasião da emissão da 6ª folha favoreceu a maior estatura de plantas em relação aos outros tratamentos.

O acamamento foi pequeno em Eldorado do Sul, não se evidenciando diferenças entre tratamentos (Tabela 8). Em Victor Graeff, no ano agrícola de 2001, o acamamento foi maior em relação a Eldorado do Sul, no ano agrícola de 2000, evidenciando diferenças estatísticas entre tratamentos (Tabela 8). O N aplicado de forma única no estágio de emissão da 2ª folha do CP favoreceu maior percentagem de plantas acamadas. Porém, quando houve disponibilidade inicial de N pelo parcelamento da maior dose, a aplicação de parte do N por ocasião da emissão da 6ª folha favoreceu o maior acamamento de plantas em relação aos outros tratamentos.

4.7. N total da parte aérea

A evolução do N total da parte aérea foi avaliada em Eldorado do Sul, nos anos agrícolas de 2000 e 2001. A determinação do acúmulo de N total da parte aérea compreendeu o período entre a emissão da 7ª folha ao florescimento. Da mesma forma que a MS da parte aérea, este período correspondeu à fase de acúmulo linear de N da parte aérea. Assim, os dados obtidos foram ajustados às equações lineares como observado nas Figuras 18 a 23.

TABELA 8 - Estatura e acamamento de planta em Eldorado do Sul, no ano agrícola de 2000 e acamamento de plantas em Victor Graeff, no ano agrícola de 2001, em função da aplicação de duas doses de N em seis estádios de desenvolvimento da cevada.

Tratamentos	Eldorado do Sul		Victor Graeff
	Estatura (cm)	Acamamento (%)	Acamamento (%)
Controle	66 g ¹	0,0	0 e
Aplicação única de 40 kg de N ha⁻¹			
Emergência	75 defg	0,0	17 cde
Emissão da 2 ^a /3 ^a folha	80 bcde	0,0	29 bcde
Emissão da 4 ^a /5 ^a folha	75 defg	0,0	0 e
Emissão da 6 ^a /7 ^a folha	78 cdef	0,0	8 de
Emissão da 8 ^a /9 ^a folha	71 efg	0,0	0 e
Emborrachamento	68 fg	0,0	0 e
Aplicação única de 80 kg de N ha⁻¹			
Emergência	87 abc	0,0	33 bcd
Emissão da 2 ^a /3 ^a folha	89 ab	0,0	62 a
Emissão da 4 ^a /5 ^a folha	87 abc	0,0	46 abc
Emissão da 6 ^a /7 ^a folha	81 bcde	4,2	17 cde
Emissão da 8 ^a /9 ^a folha	76 defg	0,0	0 e
Emborrachamento	66 g	0,0	0 e
Aplicação parcelada de 80 kg de N ha⁻¹ (40 kg de N ha⁻¹ na emergência)			
Emissão da 2 ^a /3 ^a folha	86 abc	4,2	50 ab
Emissão da 4 ^a /5 ^a folha	79 bcde	0,2	54 ab
Emissão da 6 ^a /7 ^a folha	93 a	0,0	67 a
Emissão da 8 ^a /9 ^a folha	82 bcde	4,2	21 cde
Emborrachamento	78 cdef	0,0	4 de
Média geral	79	0,7 ns	23
C.V.	8,0	478,2	80,2

¹ Médias seguidas pela mesma letra na coluna não se diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

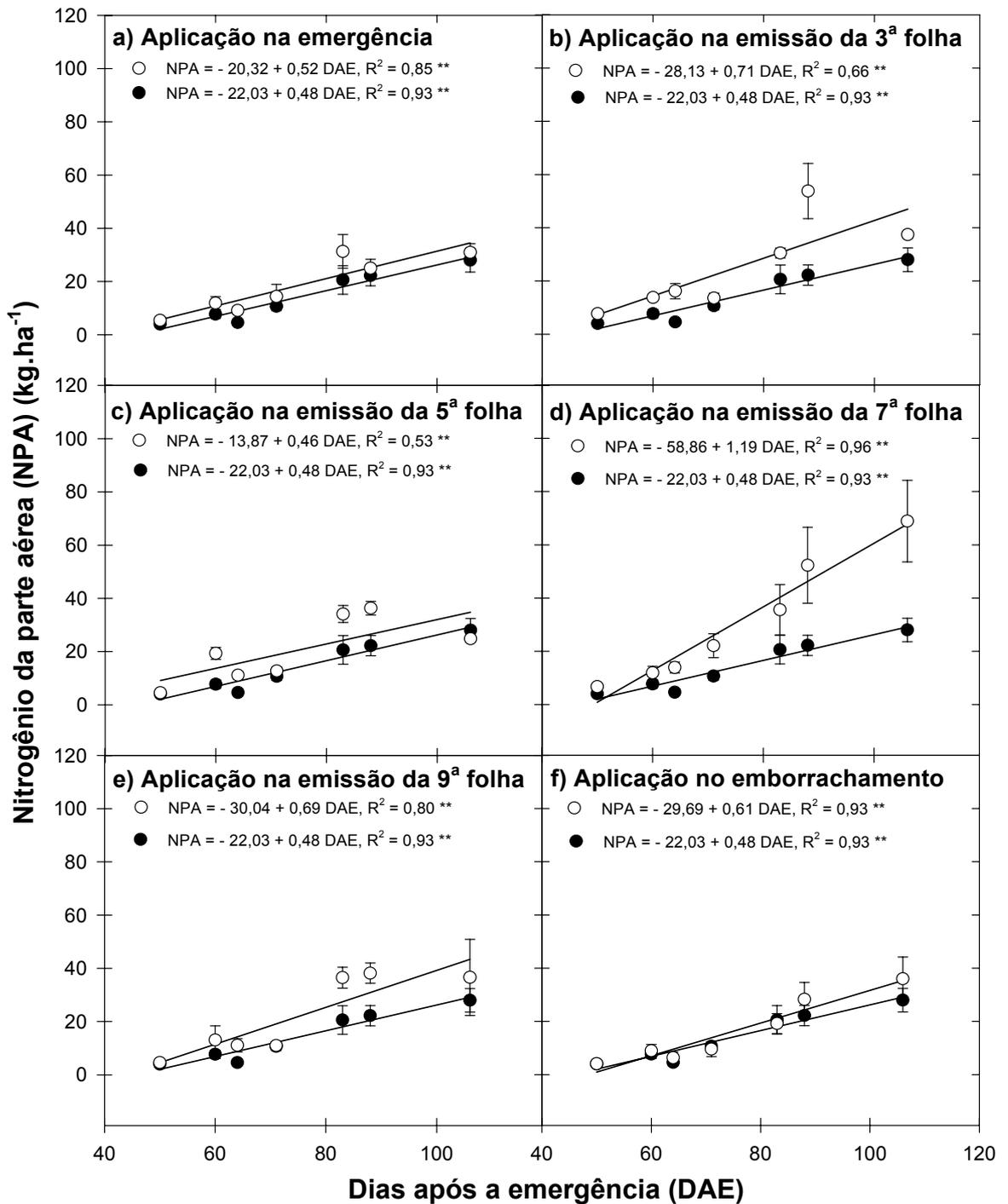


FIGURA 18 - Evolução do acúmulo de N na parte aérea com a aplicação de 40 kg de N ha⁻¹ em seis diferentes estádios de desenvolvimento da cultura (○) e sem a aplicação de N (●). Eldorado do Sul (RS), 2000.

** Ajuste dos dados a uma equação linear significativo a 0,01 %, pelo F-teste. Barras verticais representam o erro padrão da média.

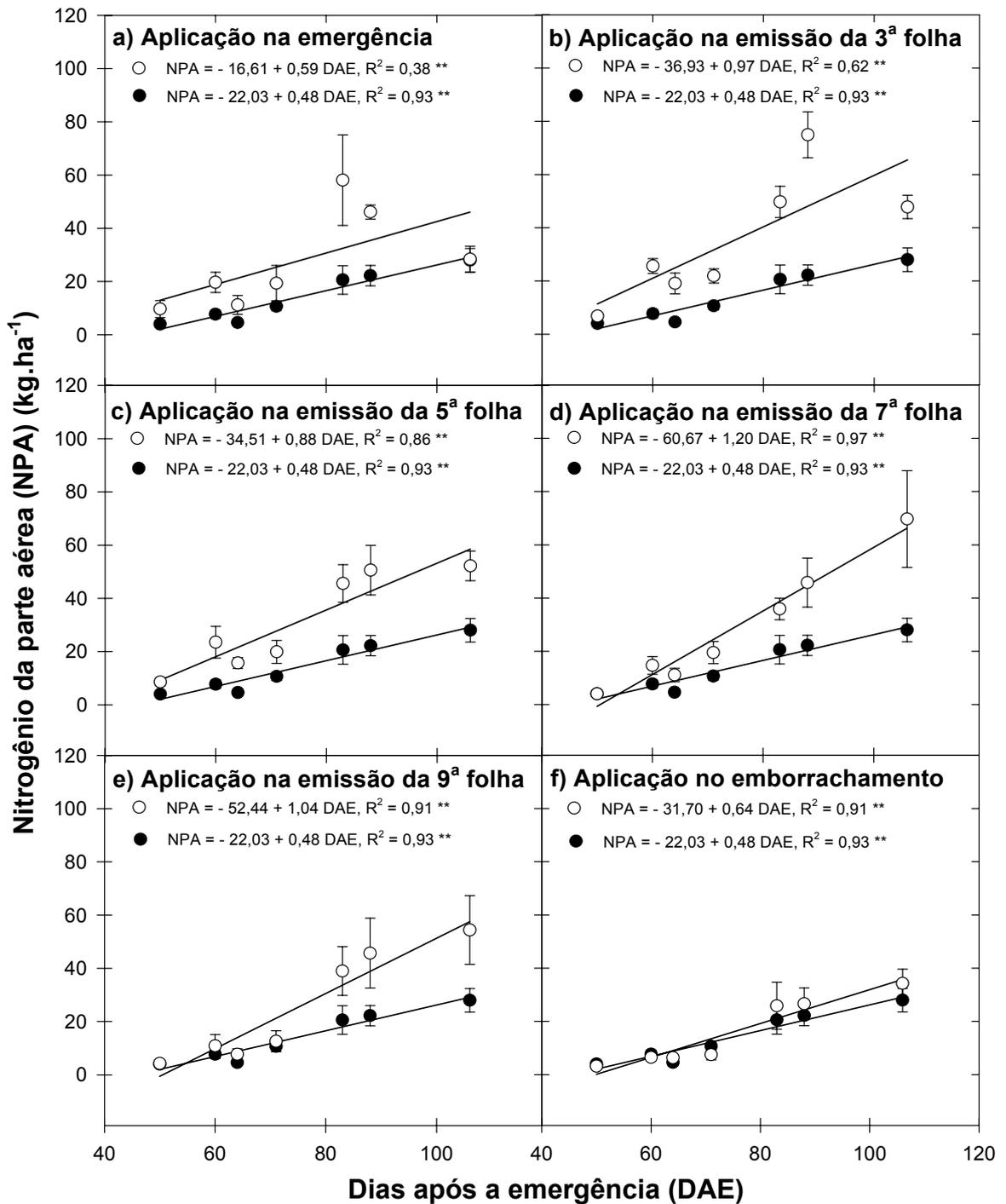


FIGURA 19 - Evolução do acúmulo de N na parte aérea com a aplicação de 80 kg de N ha⁻¹ em seis diferentes estádios de desenvolvimento da cultura (○) e sem a aplicação de N (●). Eldorado do Sul (RS), 2000.

** Ajuste dos dados a uma equação linear significativo a 0,01 %, pelo F-teste. Barras verticais representam o erro padrão da média.

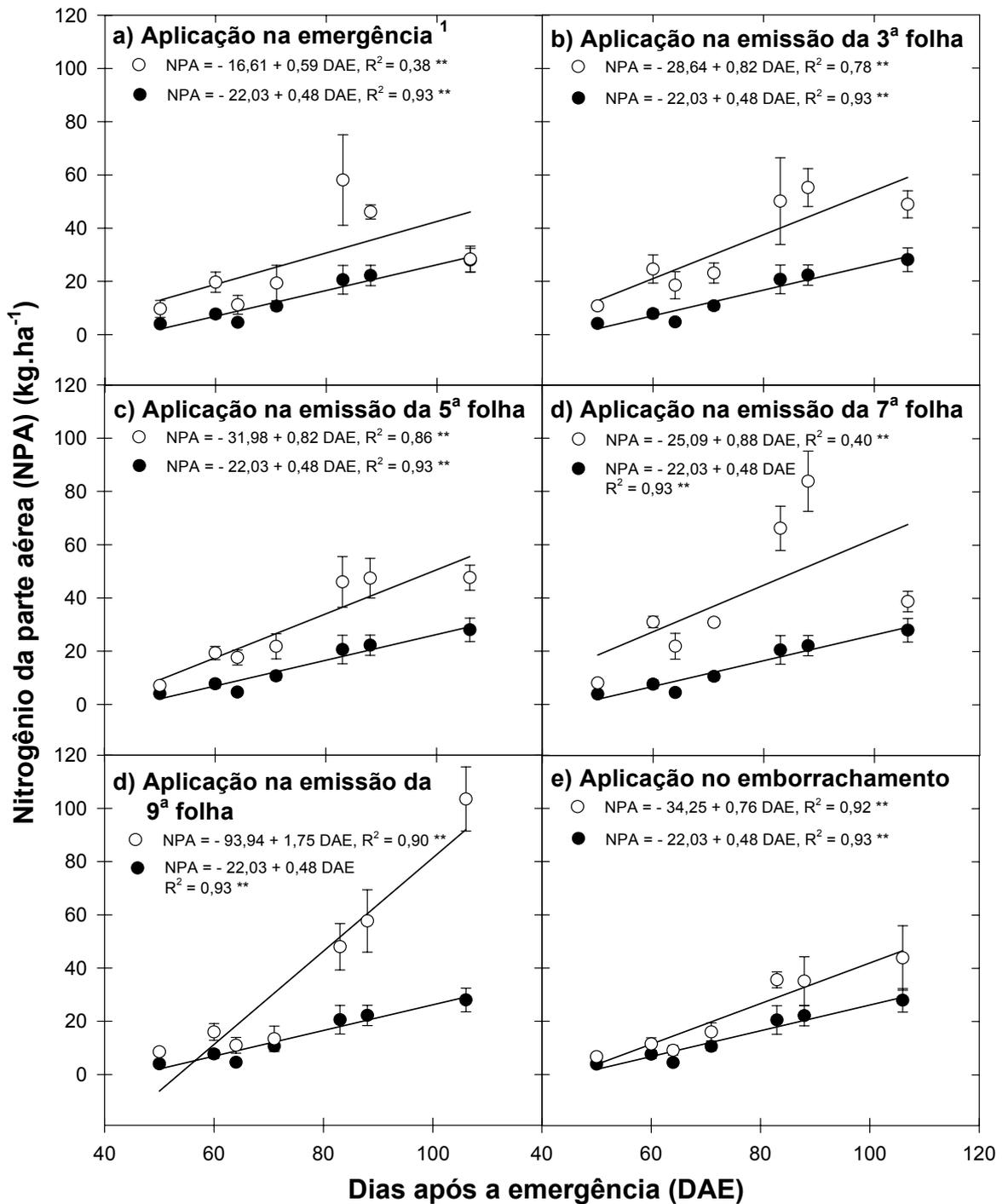


FIGURA 20 - Evolução do acúmulo de N na parte aérea com a aplicação de 40 kg de N ha⁻¹ na emergência + 40 kg de N ha⁻¹ em cinco diferentes estádios de desenvolvimento da cultura (○) e sem a aplicação de N (●). Eldorado do Sul (RS), 2000.

¹ A figura 16a se refere à aplicação única de 80 kg de N ha⁻¹ na emergência;

** Ajuste dos dados a uma equação linear significativo a 0,01 %, pelo F-teste. Barras verticais representam o erro padrão da média.

TABELA 9 - Comparação do coeficiente de regressão linear (b) das equações lineares ajustadas para a evolução de N da parte aérea, em resposta à aplicação de duas doses de N em seis estádios de desenvolvimento da cevada. Eldorado do Sul (RS), 2000.

Tratamentos	Controle	Aplicação única de 40 kg de N ha ⁻¹						Aplicação única de 80 kg de N ha ⁻¹						Aplicação parcelada de 80 kg de N ha ⁻¹					
		0.1	2.1	4.1	6.1	8.1	Emb.	0.1	2.1	4.1	6.1	8.1	Emb.	2.1	4.1	6.1	8.1	Emb.	
Controle		-	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Aplicação única de 40 kg de N ha⁻¹	0.1	**	-	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	2.1	**	**	-	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	4.1	**	**	**	-	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	6.1	**	**	**	**	-	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	8.1	**	**	**	**	**	-	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	Emb.	**	**	**	**	**	**	-	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Aplicação única de 80 kg de N ha⁻¹	0.1	**	**	**	**	**	**	**	-	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	2.1	**	**	**	**	**	**	**	**	-	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	4.1	**	**	**	**	**	**	**	**	**	-	**	**	**	**	**	ns	**	**
	6.1	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	-	**	**	**	**	**	**	**
	8.1	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	-	**	**	**	**	**	**
	Emb.	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	-	**	**	**	**	**
Aplicação parcelada de 80 kg de N ha⁻¹	2.1	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	-	ns	**	**	**
	4.1	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	ns	-	**	**	**
	6.1	**	**	**	**	**	**	**	**	**	ns	**	**	**	**	**	-	**	**
	8.1	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	-
	Emb.	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

** = coeficientes de regressão linear (b) de duas retas se diferem pelo t-teste, a 1 % de probabilidade; ns = não há diferenças entre os coeficientes de regressão linear (b) das duas retas pelo t-teste, a 1 % de probabilidade.

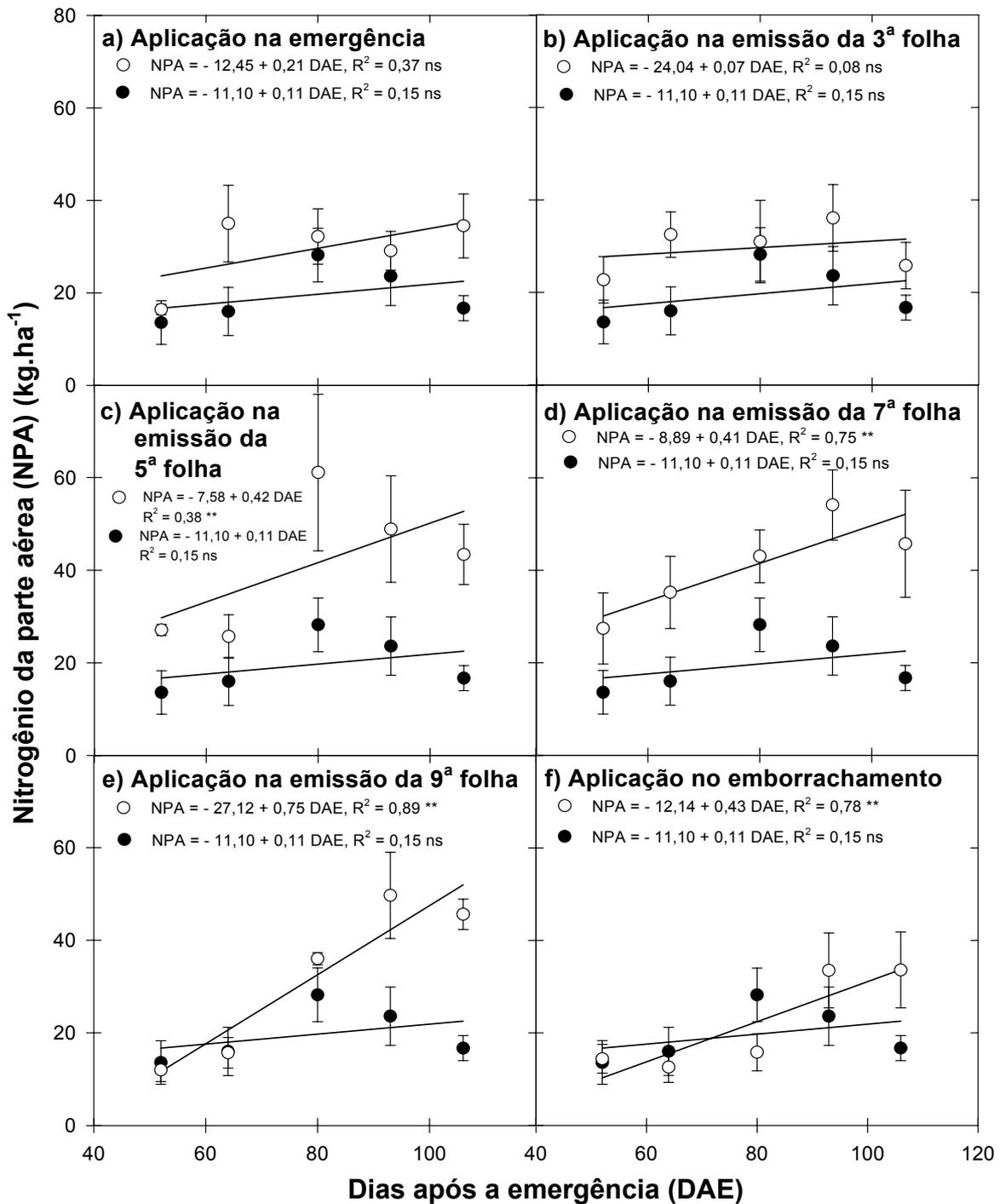


FIGURA 21 - Evolução do acúmulo de N na parte aérea com a aplicação de $40 \text{ kg de N ha}^{-1}$ em seis diferentes estádios de desenvolvimento da cultura (○) e sem a aplicação de N (●). Eldorado do Sul (RS), 2001.

** Ajuste dos dados a uma equação linear significativo a 0,01 %, pelo F-teste. Barras verticais representam o erro padrão a média;

ns Ajuste dos dados a uma equação linear não significativo ($P > 0,05$), pelo F-teste.

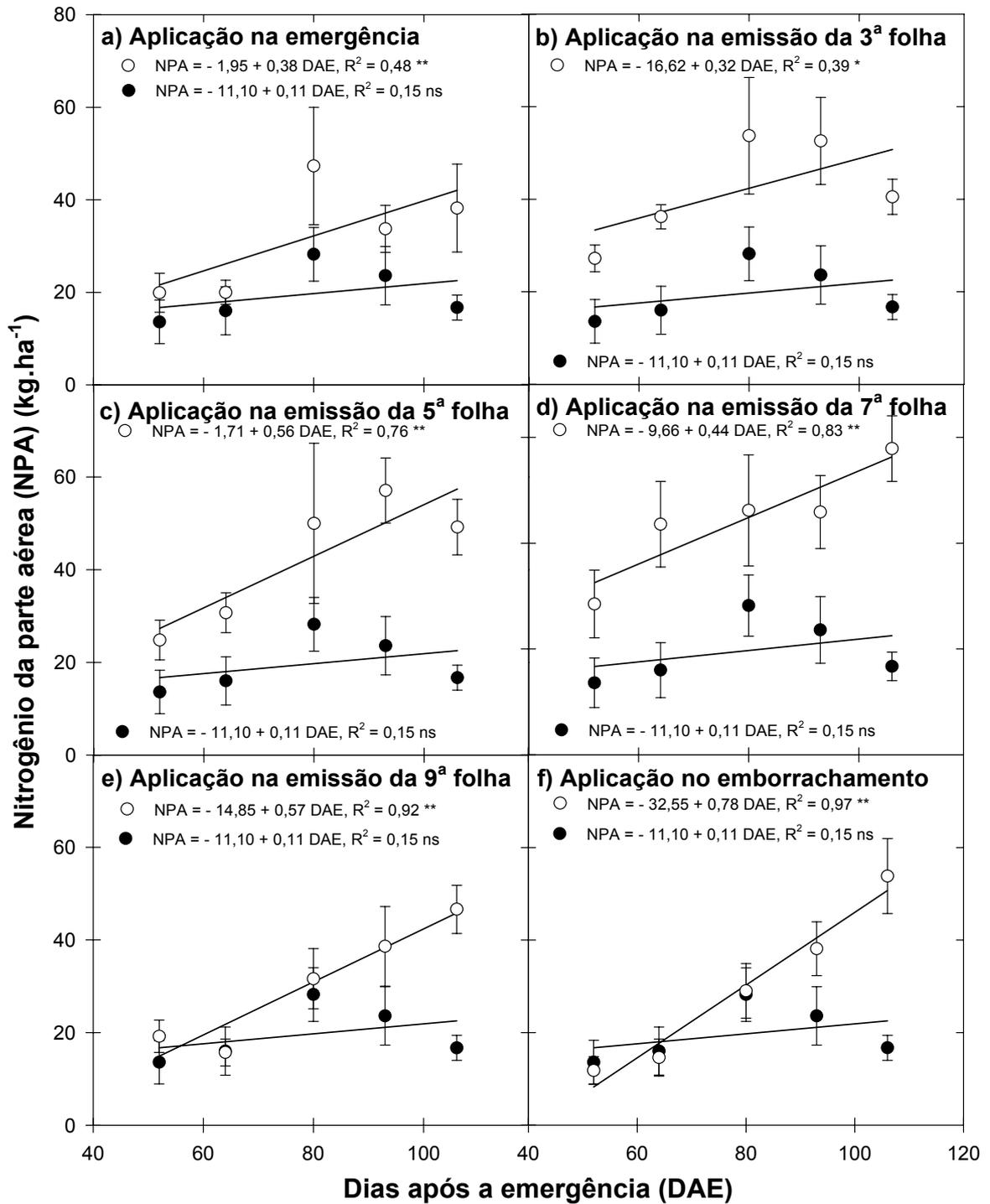


FIGURA 22 - Evolução do acúmulo de N na parte aérea com a aplicação de 80 kg de N ha⁻¹ em seis diferentes estádios de desenvolvimento da cultura (○) e sem a aplicação de N (●). Eldorado do Sul (RS), 2001.

* Ajuste dos dados a uma equação linear significativo a 0,05 %, pelo F-teste. Barras verticais representam o erro padrão da média.

** Ajuste dos dados a uma equação linear significativo a 0,01 %, pelo F-teste.

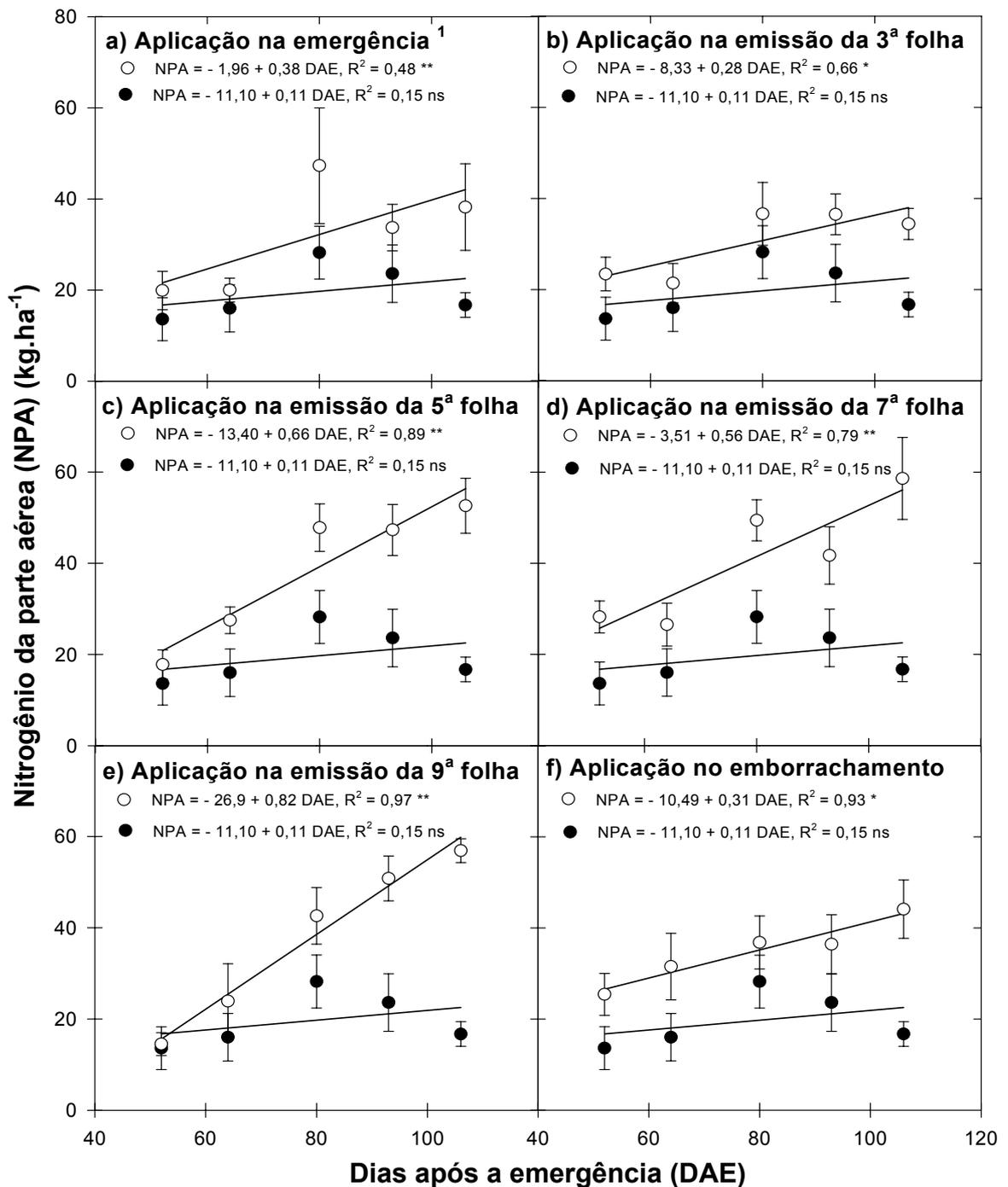


FIGURA 23 - Evolução do acúmulo de N na parte aérea com a aplicação de 40 kg de N ha⁻¹ na emergência + 40 kg de N ha⁻¹ em cinco diferentes estádios de desenvolvimento da cultura (○) e sem a aplicação de N (●). Eldorado do Sul (RS), 2001.

¹ A figura 16a se refere à aplicação única de 80 kg de N ha⁻¹ na emergência;

* Ajuste dos dados a uma equação linear significativo a 0,05 %, pelo F-teste. Barras verticais representam o erro padrão da média.

** Ajuste dos dados a uma equação linear significativo a 0,01 %, pelo F-teste.

TABELA 10 - Comparação do coeficiente de regressão linear (b) das equações lineares ajustadas para a evolução de N da parte aérea, em resposta à aplicação de duas doses de N em seis estádios de desenvolvimento da cevada. Eldorado do Sul (RS), 2001.

Tratamentos	Controle	Aplicação única de 40 kg de N ha ⁻¹						Aplicação única de 80 kg de N ha ⁻¹						Aplicação parcelada de 80 kg de N ha ⁻¹				
		0.1	2.1	4.1	6.1	8.1	Emb.	0.1	2.1	4.1	6.1	8.1	Emb.	2.1	4.1	6.1	8.1	Emb.
Controle	-	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Aplicação única de 40 kg de N ha⁻¹	0.1	**	-	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	2.1	**	**	-	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	4.1	**	**	**	-	**	**	ns	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	6.1	**	**	**	**	-	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	8.1	**	**	**	**	**	-	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	Emb.	**	**	**	ns	**	**	-	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Aplicação única de 80 kg de N ha⁻¹	0.1	**	**	**	**	**	**	**	-	**	**	**	**	**	**	**	**	
	2.1	**	**	**	**	**	**	**	**	-	**	**	**	**	**	**	**	
	4.1	**	**	**	**	**	**	**	**	**	-	**	**	**	**	ns	**	
	6.1	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	-	**	**	**	**	**	
	8.1	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	-	**	**	**	**	
	Emb.	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	-	**	**	**	
Aplicação parcelada de 80 kg de N ha⁻¹	2.1	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	-	**	**		
	4.1	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	-	**		
	6.1	**	**	**	**	**	**	**	**	**	ns	**	**	**	**	-		
	8.1	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	-	
	Emb.	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	-	

** = coeficientes de regressão linear (b) de duas retas se diferem pelo t-teste, a 1 % de probabilidade; ns = não há diferenças entre os coeficientes de regressão linear (b) das duas retas pelo t-teste, a 1 % de probabilidade.

As regressões lineares obtidas para cada tratamento, no ano agrícola de 2000, foram significativas (Apêndice 6). Na análise comparativa entre os coeficientes de regressão linear de duas retas, houve diferenças significativas entre todos os tratamentos, com exceção entre as aplicações parceladas da maior dose de N na emissão da 3ª e 5ª folha e entre a aplicação parcelada da maior dose de N na 7ª folha e a aplicação única da maior dose na emissão da 5ª folha (Tabela 9). Os maiores acréscimos na taxa de acúmulo de N na parte aérea foram observados entre os estádios de emergência das plântulas até a emissão da 9ª do CP (Figuras 18 a 20). Dentro deste período, as aplicações tardias, por ocasião da emissão da 7ª e 9ª folha do CP, resultaram nas maiores taxas de acúmulo de N entre os sistemas de manejo de N testados.

No ano agrícola de 2001, as evoluções do N total obtidas para os tratamentos controle e que receberam 40 kg de N ha na emergência e na emissão da 3ª folha do CP, não se ajustaram a uma equação linear (Figura 21, Apêndice 6). Na análise comparativa entre os coeficientes de regressão linear de duas retas, houve diferenças significativas entre todos os tratamentos, com exceção entre as aplicações de 40 kg de N ha⁻¹ na emissão da 5ª folha e no emborrachamento e entre a aplicação parcelada da maior dose de N na 7ª folha e a aplicação única da maior dose na emissão da 5ª folha (Figuras 21 a 23, Tabela 10). As aplicações de N na emissão da 5ª folha do CP ao emborrachamento resultaram nas maiores taxas de acúmulo de N entre os sistemas de manejo de N testados.

4.8. Evolução do número de colmos

Os colmos produzidos no experimento conduzido em Eldorado do Sul, no ano agrícola de 2000, representam o CP e os afilhos primários oriundos das axilas das quatro primeiras folhas do CP (A1 ao A4) e, em alguns casos, no afilho oriundo do coleóptilo (A0). Neste ensaio, não foram quantificados os colmos oriundos de afilhos secundários. O maior número foi observado por ocasião da emissão da 8^a – 9^a folha do CP, para todos os tratamentos (Figuras 24 a 26). O número médio de colmos alcançados no final do afilhamento foi de 570 colmos m⁻².

O fornecimento de N por ocasião da emergência até a emissão da 5^a do CP, nos três sistemas de manejo de N, resultaram nos maiores acréscimos no número de colmos produzidos ao final do afilhamento (Figuras 24 a 26). Dentro deste período, destacou-se a aplicação de N na emissão da 5^a folha que proporcionou o maior número de colmos.

Entre o final do afilhamento e a maturação de colheita, houve decréscimos do número de colmos por área em todos os tratamentos (Figuras 24 a 26). A média de sobrevivência de colmos, para os tratamentos testados, se situou em 51 %. Os tratamentos que receberam N nos estádios iniciais de desenvolvimento, da emergência até a emissão da 5^a folha, foram os que resultaram na menor sobrevivência de colmos observada para os três manejos do N (Figura 27). Aplicações mais tardias, após estes estádios, favoreceram a maior sobrevivência de colmos, sendo que a aplicação de N por ocasião da emissão da 9^a folha apresentou a maior percentagem de colmos que produziram uma inflorescência fértil, para os três manejos do N.

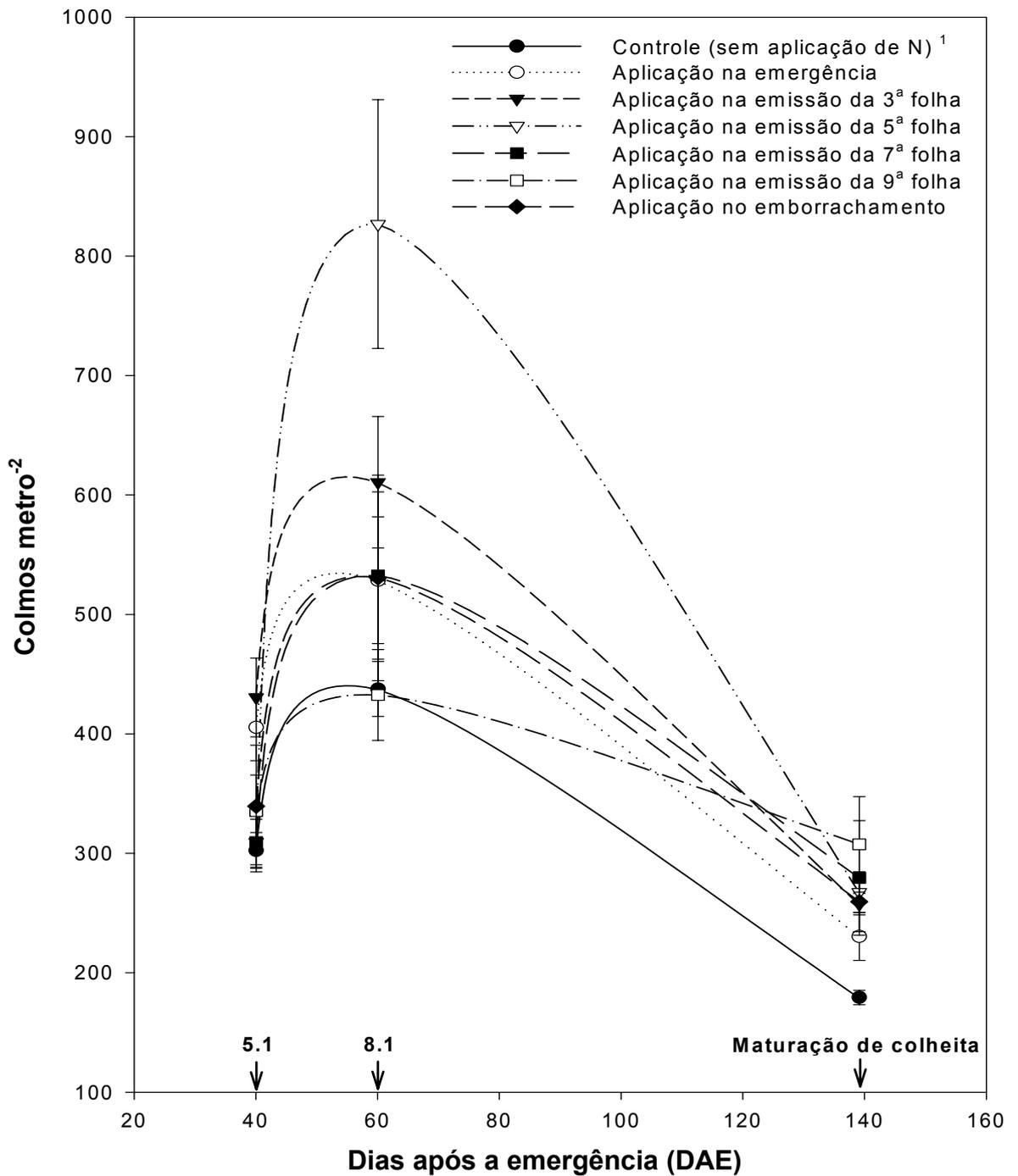


FIGURA 24 - Evolução do número de colmos por metro⁻² em resposta à aplicação única de 40 kg de N ha⁻¹ em seis estádios de desenvolvimento da cultura. Eldorado do Sul (RS), 2000.

¹ Barras verticais representam o erro padrão da média.

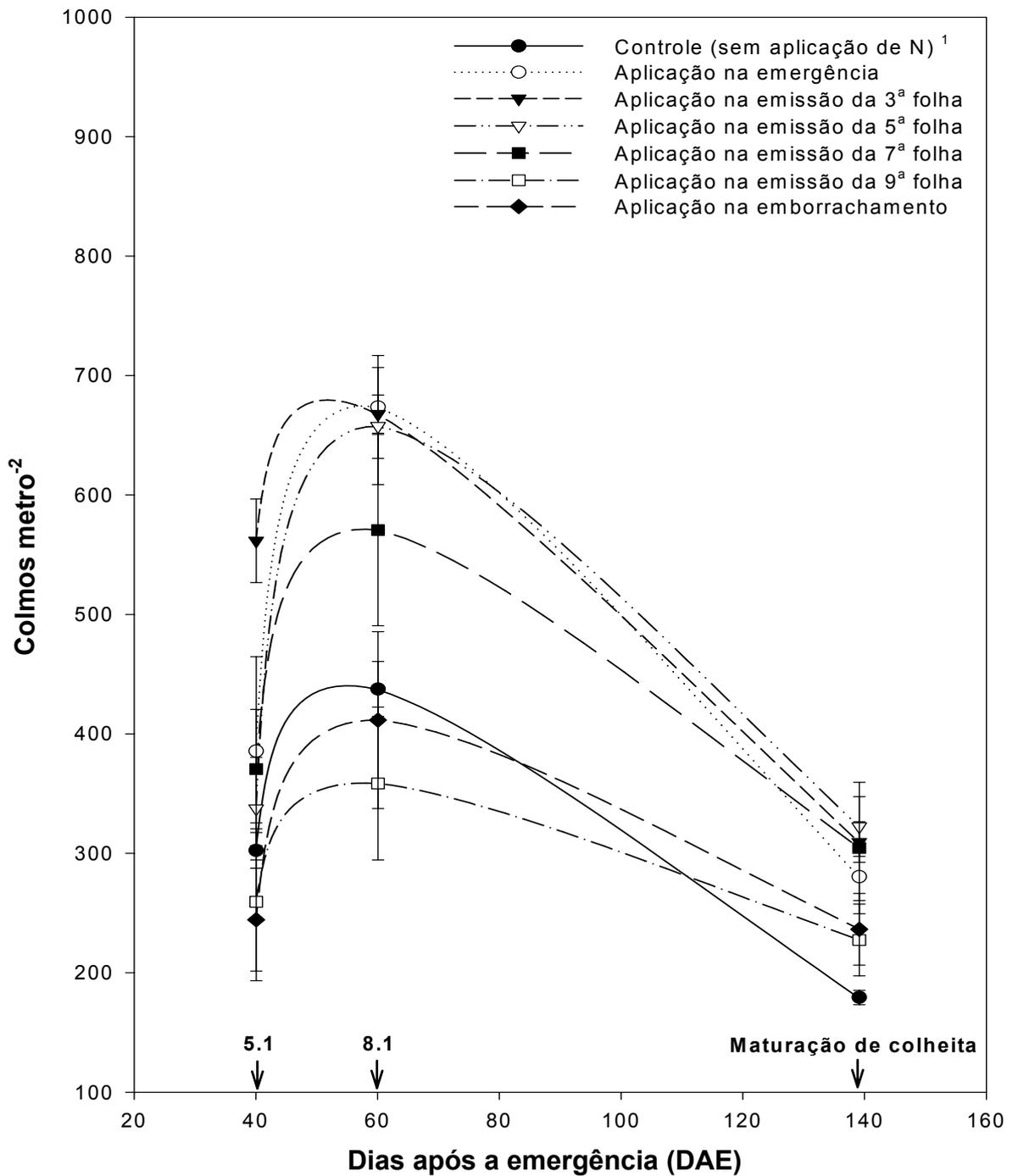


FIGURA 25 - Evolução do número de colmos por metro⁻² em resposta à aplicação única de 80 kg de N ha⁻¹ em seis estádios de desenvolvimento da cultura. Eldorado do Sul (RS), 2000.

¹ Barras verticais representam o erro padrão da média.

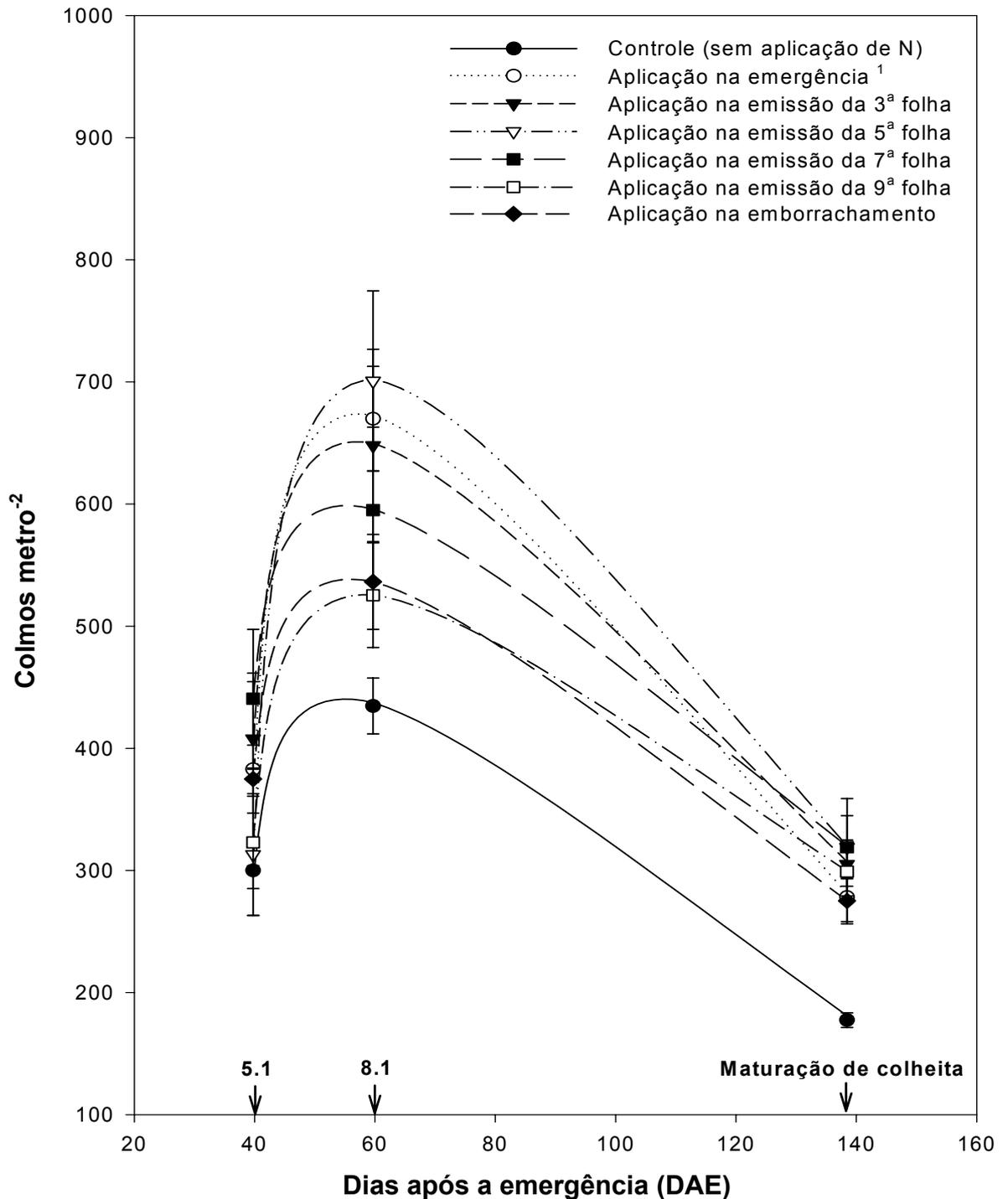


FIGURA 26 - Evolução do número de colmos por metro⁻² em resposta à aplicação de 40 kg de N ha⁻¹ na emergência + 40 kg de N ha⁻¹ em cinco diferentes estádios de desenvolvimento da cultura. Eldorado do Sul (RS), 2000.

¹ O gráfico referente à aplicação na emergência corresponde à aplicação única de 80 kg de N ha⁻¹ neste estádio. Barras verticais representam o erro padrão da média.

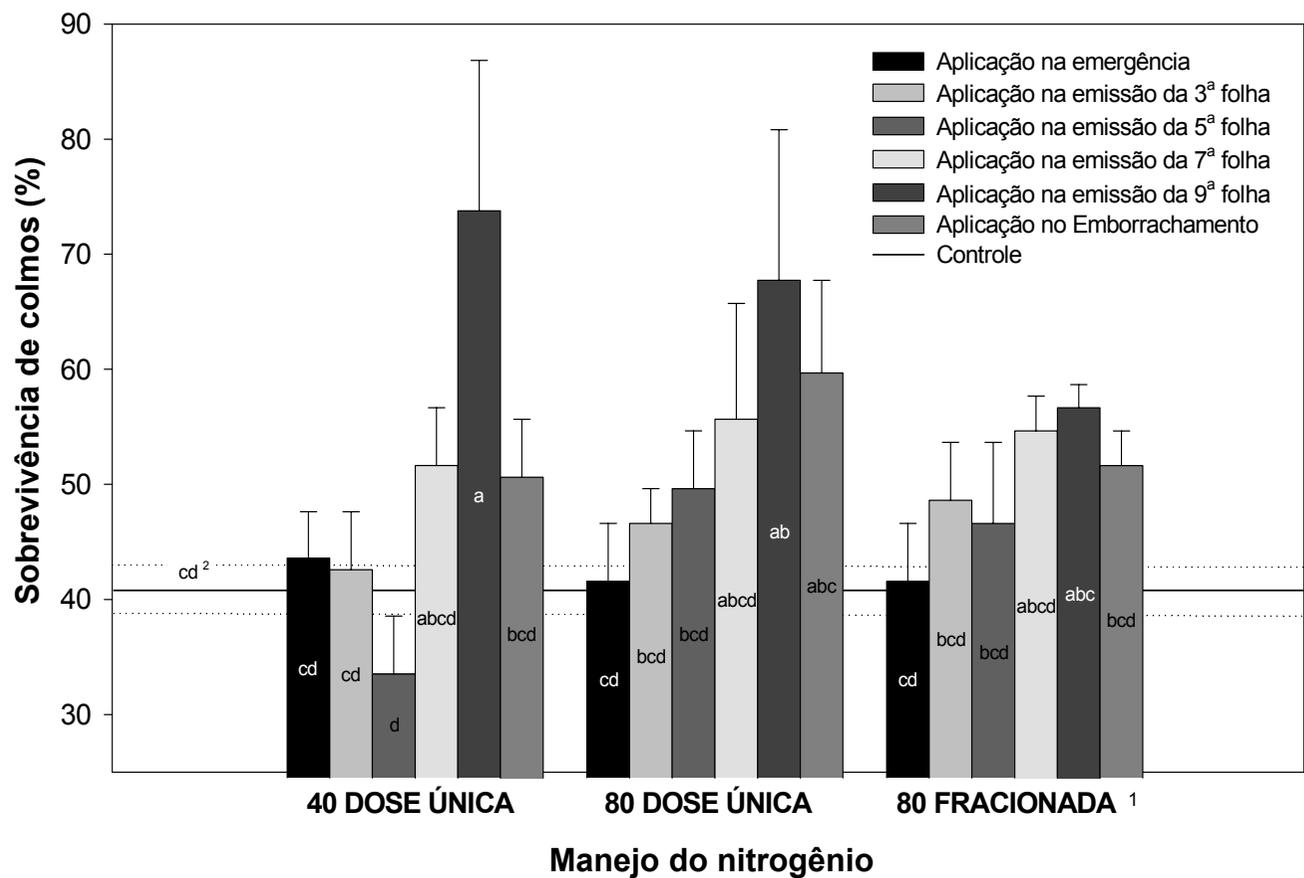


FIGURA 27 - Percentagem de sobrevivência de colmos em função da aplicação de duas doses de N, em seis estádios de desenvolvimento da cevada. Eldorado do Sul (RS), 2000.

¹ Os tratamentos referentes à aplicação de 80 kg de N ha⁻¹ de forma parcelada tiveram metade da dose aplicada na emergência das plântulas e metade aplicada em um dos demais estádios de desenvolvimento da cultura testados;

² Médias de tratamentos com a mesma letra não se diferem pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade. Barras verticais e linhas pontilhadas representam o erro padrão da média.

4.9. Freqüência de afilhos ao final do afilhamento

Ao final do período de afilhamento (emissão da 8^a – 9^a folha do CP), procedeu-se a avaliação da freqüência dos afilhos primários presentes neste estádio. Esta avaliação foi realizada somente nos tratamentos cuja aplicação de N já tinha sido realizada até o final do afilhamento, ou seja, da emergência até a emissão da 7^a folha. Os demais tratamentos, por não terem recebido N, foram considerados semelhantes ao tratamento controle ou, para o caso dos tratamentos com aplicação parcelada da maior dose de N, semelhantes à aplicação de 40 kg de N ha⁻¹ na emergência. Houve diferenças entre tratamentos somente para a freqüência dos afilhos primários A1 e A2 (Tabela 11, Apêndice 1). Na média dos tratamentos, a freqüência do afilho A2 (87%) foi maior que a do afilho A1 (84 %). A freqüência média dos afilhos A3, A4 e A0 foi de 45, 11 e 12 %, respectivamente.

Para os dois primeiros afilhos primários (A1 e A2), mesmo aplicações tardias, na emissão da 5^a folha do CP, beneficiaram a maior freqüência destes afilhos ao final do período de afilhamento, sendo superiores, de uma forma geral, às aplicações de N antecedendo o início do afilhamento, na emissão da 3^a folha (Tabela 11).

4.10. Estádio de desenvolvimento dos colmos ao final do afilhamento

Ao final do período de afilhamento (emissão da 8^a – 9^a folha do CP), procedeu-se, também, a avaliação do estágio de desenvolvimento do CP e dos afilhos primários presentes neste estádio. Da mesma forma que a freqüência de

TABELA 11 - Freqüência dos quatro primeiros afilhos primários ao final do afilhamento em função da aplicação de duas doses de N em seis estádios de desenvolvimento da cevada. Eldorado do Sul (RS), 2000.

Tratamentos	Afilhos (%)			
	A1	A2	A3	A4
Controle	62 bc ¹	62 d	31	3
Aplicação única de 40 kg de N ha⁻¹				
Emergência	94 a	75 bcd	31	3
Emissão da 3 ^a folha	72 abc	84 abcd	35	9
Emissão da 5 ^a folha	91 a	100 a	56	19
Emissão da 7 ^a folha	81 abc	87 abc	35	13
Aplicação única de 80 kg de N ha⁻¹				
Emergência	100 a	100 a	53	6
Emissão da 3 ^a folha	87 ab	97 ab	59	3
Emissão da 5 ^a folha	100 a	97 ab	63	16
Emissão da 7 ^a folha	56 c	66 cd	50	34
Aplicação parcelada de 80 kg de N ha⁻¹ (40 kg de N ha⁻¹ na emergência)				
Emissão da 3 ^a folha	84 ab	97 ab	44	10
Emissão da 5 ^a folha	94 a	97 ab	44	9
Emissão da 7 ^a folha	94 a	81 abcd	41	9
Média geral	85	87	45 ns	11 ns
C.V.	20,5	15,8	51,1	132,5

¹ Médias de tratamentos com mesma letra na mesma coluna não se diferem pelo teste de Duncan, a 5 % de significância.

afilhos, esta avaliação foi realizada somente nos tratamentos cuja aplicação de N já tinha sido realizada (da emergência até a emissão da 7ª folha). Houve diferenças entre tratamentos para o estágio de desenvolvimento do CP e dos afilhos primários A1, A2 e A3 (Tabela 12, Apêndice 1). Os estágios de desenvolvimento médios dos colmos entre os tratamentos foram de 7.5, 4.2, 3.5 e 2.5, segundo a escala proposta por Haun (1973), para o CP, A1, A2 e A3, respectivamente.

De uma forma geral, para a aplicação única das duas doses de N o fornecimento de N no início do desenvolvimento da cultura, da emergência até a emissão da 3ª folha do CP, resultou no maior desenvolvimento dos colmos ao final do afilhamento (Tabela 12). O parcelamento do N com a 2ª dose aplicada no estágio de emissão da 7ª do CP, proporcionou o maior desenvolvimento dos colmos A1 e A2.

TABELA 12 - Estádio de desenvolvimento do colmo principal e dos três primeiros afilhos primários ao final do afilhamento em função da aplicação de duas doses de N em seis estádios de desenvolvimento da cevada. Eldorado do Sul (RS), 2000.

Tratamentos	Colmos (Escala Haun)			
	CP	A1	A2	A3
Controle	7.3 bc ¹	3.7 cde	3.1 bc	2.2 bc
----- Aplicação única de 40 kg de N ha⁻¹ -----				
Emergência	7.6 abc	4.1 abcde	3.8 ab	3.3 a
Emissão da 3 ^a folha	7.2 bc	4.0 bcde	3.5 bc	2.6 abc
Emissão da 5 ^a folha	7.3 bc	4.1 abcde	3.2 bc	2.4 abc
Emissão da 7 ^a folha	7.3 bc	3.6 de	3.1 bc	2.6 abc
----- Aplicação única de 80 kg de N ha⁻¹ -----				
Emergência	7.9 a	4.6 ab	3.8 ab	2.8 abc
Emissão da 3 ^a folha	7.7 ab	4.6 ab	3.9 ab	2.4 abc
Emissão da 5 ^a folha	7.2 bc	3.5 e	2.7 c	2.0 cd
Emissão da 7 ^a folha	7.1 c	4.3 abcd	2.8 c	1.3 d
Aplicação parcelada de 80 kg de N ha⁻¹ (40 kg de N ha⁻¹ na emergência)				
Emissão da 3 ^a folha	7.7 ab	4.2 abcde	3.5 bc	2.7 abc
Emissão da 5 ^a folha	7.7 ab	4.4 abc	3.8 ab	2.9 ab
Emissão da 7 ^a folha	8.1 a	4.9 a	4.3 a	2.8 abc
Média geral	7.5	4.2	3.5	2.5
C.V.	4,6	11,2	13,7	24,2

¹ Médias de tratamentos com mesma letra na mesma coluna não se diferem pelo teste de Duncan, a 5 % de significância.

5. DISCUSSÃO

Os resultados observados neste trabalho mostram a importância do efeito do ambiente sobre as respostas das plantas à aplicação de N em diferentes estádios de desenvolvimento. O efeito da época de aplicação de N pode ser influenciado pelas condições de umidade do solo necessárias para os processos de suprimento de N e absorção pelas raízes. Para todos os experimentos conduzidos, não foi determinado o balanço hídrico dos mesmos. Porém, durante o desenvolvimento da cultura não se observou, visualmente, deficiência de umidade. Portanto, houve umidade no solo suficiente para os processos de solubilização do adubo e suprimento às raízes.

As respostas obtidas nem sempre referendaram as recomendações técnicas para a aplicação de N na cultura da cevada (Comissão de Pesquisa de Cevada, 2001). Essas indicam que a adição do nutriente deve ser feita por ocasião da semeadura e, em cobertura, por ocasião do início do afilhamento (emissão da 4^a folha do CP). O objetivo desta recomendação é aumentar o número de colmos área^{-1} e de espiguetas espiga^{-1} , estruturas estas que estabelecem o potencial de rendimento da cultura no início do ciclo. A base do manejo do nitrogênio está no efeito do suprimento de N no início do ciclo que pode ou não se estender e abranger os processos fisiológicos posteriores, que determinam a concretização deste potencial. A consolidação do número de

espigas e grãos espiga⁻¹, que ocorre em etapas mais tardias, é afetada pela disponibilidade de N e é importante para a formação do rendimento de grãos.

Na primeira situação, não foi observado efeito do estágio de aplicação de N sobre o rendimento de grãos. Isso ocorreu quando o teor de matéria orgânica era médio e a soja foi a cultura antecessora, como observado em Victor Graeff nos anos de 2000 e 2001 (Figuras 4 e 5). Neste caso, o N disponibilizado pelo solo é suficiente para a produção de número adequado de espiguetas e de afilhos e se estende para consolidar o rendimento de grãos, através da diminuição da mortalidade de colmos e do incremento do número de flores. Mesmo nesta situação, no ano de 2000 o parcelamento da maior dose de N aumentou o rendimento de grãos em relação à aplicação única (Figuras 4 e 5). É provável que o potencial de rendimento obtido no primeiro ano tenha sido maior ao do ano de 2001 devido a influências ambientais, como temperatura e precipitação, onde os rendimentos foram superiores no ano de 2000, permitindo maiores respostas com o parcelamento do N.

Na segunda situação, o rendimento de grãos foi favorecido pela aplicação de N em estádios específicos, quando houve menor disponibilidade deste nutriente no solo (baixo teor de matéria orgânica), como observado em Eldorado do Sul e Encruzilhada do Sul nos anos de 2000 e 2001 (Figuras 1 e 3). Nesta condição de baixa disponibilidade de N, o parcelamento deste nutriente em duas épocas aumentou o rendimento de grãos, mostrando a exigência da planta em N por longo período do seu ciclo. Em Encruzilhada do Sul, houve o efeito da soja como cultura antecessora que disponibilizou maior quantidade de N durante

o ciclo da cevada, diminuindo as diferenças do rendimento de grãos obtidas com a aplicação de N na emergência e com o tratamento controle (Figura 3).

A terceira situação ocorreu quando se aplicou todo o N no final do afilhamento e que resultou em rendimento de grãos semelhantes àqueles resultantes da aplicação das doses de forma parcelada (emergência + final do afilhamento) (Figuras 1 e 3). Este fato ressalta que há situações em que a importância do N é maior para a consolidação dos componentes do rendimento no final do afilhamento do que para a formação das estruturas que resultam nesses. Nesta situação, é provável que o estímulo ambiental tenha sido suficiente para produção mínima de colmos e espiguetas necessários para assegurar o rendimento de grãos, mesmo com posteriores perdas de parte destas estruturas.

Os trabalhos em Eldorado do Sul e Encruzilhada do Sul, no ano de 2000, permitiram avaliar a segunda situação exposta acima e que mostra a necessidade da planta pelo nitrogênio em estádios iniciais e mais avançados e que tem levado a recomendação do uso do parcelamento do N com conseqüências em aumentos do rendimento de grãos (Zebarth & Sheard, 1992) (Figuras 1 e 3).

Os ensaios mostraram que o período da emissão da 3ª folha à emissão da 7ª folha correspondeu ao de maior resposta à adubação nitrogenada (Figuras 1 a 5), sem que tenha ocorrido prejuízo na qualidade de grãos (Figuras 9 a 11). Este período é semelhante ao encontrado por Easson (1984), Bredemeier e Mundstock (2001) e Mundstock e Bredemeier (2001) para cevada, trigo e aveia, respectivamente. Dentro deste período, o estágio antecedendo o início do afilhamento (emissão da 3ª folha) se caracterizou como crítico para formação de

espiguetas espiga⁻¹, pelo aumento observado no número de grãos espiga⁻¹ (Figura 7) e colmos área⁻¹ (Figuras 24 a 26). A disponibilidade de N no final do afilhamento (emissão da 7^a folha) foi crítica para a consolidação destas estruturas nos componentes do rendimento grãos espiga⁻¹ e espigas área⁻¹ (Figuras 6 e 7).

A aplicação de N na **emergência das plântulas** mostra um efeito similar ao N disponibilizado pela adubação no momento da semeadura (adubação de base). Ela objetiva o incremento da emissão de afilhos (Grohs et al., 2001) e este foi conseguido em Eldorado do Sul, no ano de 2000, com aumento do número de colmos no final do afilhamento (Figuras 24 a 26). Também objetiva aumentos no rendimento de grãos pelo aumento do número de espigas área⁻¹, mas estes foram inferiores à aplicação de N em estádios posteriores devido à elevada senescência de colmos no período de alongamento dos entrenós (Figura 27), não incrementando, assim, o número de espigas área⁻¹ (Figuras 6).

A senescência de colmos é relacionada à competição formada por estas estruturas e que foi intensificada pelo alto incremento de massa seca neste período, sem ter correspondência em acúmulo de N (Figuras 12a a 14a e 18a a 20a). O elevado acúmulo de massa seca foi resposta do alto número de colmos formados anteriormente (Figuras 24 a 26) e que formam um potencial de demanda por nutrientes que vai crescendo no período de alongamento dos entrenós. Porém, a disponibilidade inicial de N não foi suficiente para atender a esta demanda, observado pela reduzida taxa de acúmulo de N na parte aérea, em relação a aplicações posteriores de N (Figuras 18a e 20a), intensificando a competição entre os colmos, onde os mais tardios e menos competitivos levam desvantagem na competição e senescem (Davidson & Chevalier, 1990). Mesmo

que haja uma relocação de fotoassimilados e nutrientes dos colmos em processo de senescência para os colmos mais avançados (Chafai-Elalaoui & Simmons, 1988), este processo não é completo (Rawson & Donald, 1969), resultando em perda de recursos que poderiam ser usados para consolidar os demais colmos, o que acabou aumentando a mortalidade destes e reduzindo a formação de espigas (Figuras 6 e 27).

A disponibilidade de N no início do desenvolvimento das plantas também tem sido citada como importante para formação de espiguetas (Frank e Bauer, 1996), mas esta não foi observado pois o N neste estágio não foi o principal fator determinando o número de grãos espiga⁻¹, estando este dependente da disponibilidade de N em estádios posteriores, no final do afilhamento (Figura 7). O desenvolvimento da estrutura reprodutiva ocorre juntamente com o alongamento dos entrenós e estes órgãos competem entre si por fotoassimilados (Mundstock, 2001). Esta competição, intensificada pelo baixo suprimento de N neste último período com a aplicação de N no início do ciclo (Figuras 18a a 20a), pode ter limitado a diferenciação floral das espiguetas, bem como incrementado a perda de flores (pelo aborto floral), processos estes relacionados ao período de alongamento dos entrenós (MacMaster, 1997). Por outro lado, as vantagens da adubação de base tem sido relatadas para cultivares com tamanho de espiga reduzido (Bredemeier e Mundstock, 2001), o que pode não ter sido o caso da cultivar utilizada.

Embora tenha havido alta taxa de acúmulo de massa seca no período de alongamento dos entrenós com a aplicação de N na emergência das plântulas (Figuras 12a a 14a), isso não se refletiu em acréscimos no rendimento biológico

final (Tabela 6), pois ocorreu a diminuição deste último em razão da senescência de colmos (Figura 27) e de folhas (Darroch & Fowler, 1990) até o florescimento. Em situações de baixa disponibilidade de N, isto é visualizado pela reduzida taxa de acúmulo de N pela aplicação no início do ciclo (Figuras 18a e 20a), e as folhas situadas na parte inferior do dossel tem a atividade fotossintética em declínio, com senescência intensificada devido à relocação de N para dar aporte à formação de novas estruturas (Taiz & Zeiger, 1998). Dessa forma, os colmos e folhas senescidas não contribuem para o rendimento final de fitomassa, devido às perdas de material até à colheita (Darroch & Fowler, 1990).

A aplicação de N nos estádios antecedendo o início do afilhamento (**emissão da 3ª folha**) é importante para o rendimento de grãos, pois ocasiona maior emissão de afilhos e aumenta o número de grãos espiga⁻¹, como observado em Eldorado do Sul, no ano de 2000 (Figuras 7, 24 a 27). Neste estádio, a formação de espiguetas é incrementada e este efeito é visualizado na colheita. Assim, se o N é aplicado nesta etapa, com a cultura em condição ambiental de baixa disponibilidade de N, é essencial que haja a suplementação do nutriente em período posterior, no alongamento dos entrenós, pois a menor disponibilidade de N pode ser insuficiente para dar aporte aos processos de acúmulo de massa seca e consolidação do número de espigas área⁻¹ e grãos espiga⁻¹.

A menor disponibilidade de N para estes processos posteriores pode ser observado em Eldorado do Sul, no ano de 2000, onde a absorção de N foi reduzida para a aplicação de N neste estádio (Figuras 18b a 20b). Mesmo que ocorra menor disponibilidade de N no período de alongamento dos entrenós com conseqüências na diminuição da formação de estruturas florais e a perda por

aborto, ainda assim pode haver reflexos no rendimento de grãos (Figuras 1, 2 e 7) pelo favorecimento da formação de espiguetas no início do ciclo como também observado por Frank e Bauer (1996) e Bredemeier e Mundstock (2001). Se comparado com o tratamento de N aplicado na emergência das plântulas, houve vantagens quando o fornecimento de N ocorreu em estágio mais próximo ao início da formação das espiguetas, que começa na emissão da 5ª ou 6ª folha do CP (MacMaster, 1997). Numa situação similar ao processo que ocorre com os afilhos (Almeida & Mundstock, 2001), a planta pode modular a quantidade de espiguetas a serem formadas de acordo com a disponibilidade de N em estádios anteriores.

A aplicação de N na **emissão da 5ª folha** praticamente coincide com a atual recomendação da época de aplicação de N em cobertura (Comissão de Pesquisa de Cevada, 2001), que é a realização desta prática no início do afilhamento. Este processo, na ontogênese da cultura, inicia na emissão da 4ª folha do CP, porém a campo, quando isso é visualizado, a planta já possui um afilho emitido, seguindo para a emissão do segundo afilho (emissão da 5ª folha do CP). Os resultados dos experimentos de Eldorado do Sul mostraram que este estágio não foi crítico para a aplicação de N, observando-se rendimentos menores em relação às aplicações em estádios anteriores e posteriores (Figura 1). A falta de resposta foi associada ao não incremento do número de espigas produzidas por área e do número de grãos por espiga, como observado em Eldorado do Sul, no ano de 2000 (Figuras 6 e 7). A aplicação de N neste estágio resultou em alta produção de colmos (Figura 24 a 26) mas também em alta mortalidade no período de alongamento dos entrenós, onde mais de 50 % deles senesceram (Figura 27). O grande número de colmos iniciais intensificou muito a competição intraplanta

por recursos do ambiente no estágio de alongamento dos entrenós, acarretando maior mortalidade de afilhos, numa situação similar à observada por Galli (1996).

A menor produção de grãos espiga⁻¹ possivelmente esteja associada à diminuição da produção de flores e ao aumento do aborto floral no estágio de alongamento dos colmos. A forte competição estabelecida entre as estruturas vegetativas e a inflorescência e entre os próprios colmos no período de alongamento dos entrenós contribui para a menor quantidade de flores aptas a serem polinizadas no florescimento. O N aplicado muito cedo não é disponibilizado durante o processo de alongamento dos entrenós, como observado em Eldorado do Sul, no ano de 2000 (Figuras 12c). A competição entre as estruturas reprodutivas e vegetativas é diminuída quando se aplicaram quantidades maiores de N incrementando a absorção de N (Figuras 13c) e com reflexo na produção de espigas área⁻¹ e no rendimento de grãos (Figuras 1, 3 e 6). Este efeito foi atribuído ao efeito residual do N sobre o estágio de emissão da 7^a folha e não ao estímulo específico dado ao estágio de emissão da 5^a folha.

Por outro lado, a aplicação de N na emissão da 5^a folha tem sido associado ao aumento na produção de espiguetas, visto que neste estágio este processo é bastante intensificado (MacMaster, 1997). Isto não foi observado em Eldorado do Sul, no ano de 2000, visto que o número de grãos espiga⁻¹ foi menor em relação à aplicação no estágio anterior (emissão da 3^a folha) (Figura 7). É possível que a limitação de N imposta até a emissão da 5^a folha tenha reduzido a indução da planta à formação de maior número de espiguetas espiga⁻¹, reduzindo o efeito da aplicação de N neste estágio.

Novamente, o menor rendimento de grãos obtido com a aplicação de N na emissão da 5ª folha, também foi associado à menor produção de massa seca (Tabela 6), já que não houve alteração no índice de colheita. A taxa de incremento de massa seca foi elevada, devido à grande quantidade de afilhos formados (Figuras 12c a 14c), porém a taxa de acumulação de N (Figuras 18c a 20c) foi baixa no alongamento dos entrenós. Isso frustrou a consolidação do número de espigas e grãos por espiga, ou seja, faltou N para dar aporte ao alongamento dos entrenós a partir da emissão da 7ª folha.

O aspecto negativo da aplicação de N no período da emergência das plântulas à emissão da 5ª folha relaciona-se a maior produção de colmos área^{-1} se desenvolvendo no período de alongamento dos entrenós (Figuras 24 a 26). Neste último estágio, o elevado número de colmos intensifica a competição por luz no dossel da cultura, estimulando o estiolamento das plantas e o crescimento em estatura, como observado em Eldorado do Sul, no ano de 2000 (Tabela 8). O aumento da estatura de planta pode aumentar o risco de acamamento, apesar de não ter ocorrido neste último local (Tabela 8). Em Victor Graeff, no ano de 2000, o acamamento de plantas foi alto com a aplicação de N nos estádios iniciais (Tabela 8).

O aumento no rendimento de grãos com a aplicação de N no final do afilhamento (**emissão da 7ª folha**) em relação aos demais estádios pode ser atribuído, primeiramente, à maior produção de espigas área^{-1} , como observado em Eldorado do Sul, no ano de 2000 (Figuras 1, 3 e 6). Porém, o aumento deste componente não foi consequência da maior emissão de afilhos. Em Eldorado do Sul, no ano de 2000, o número de colmos produzidos até o final do afilhamento

com a aplicação de N na emissão da 7ª folha foi menor que o obtido nos tratamentos com aplicações de N em estádios anteriores (da emergência das plântulas à emissão da 5ª folha do CP) (Figuras 24 a 26). A menor produção de colmos poderia ser atribuída à baixa disponibilidade de N no início do afilhamento para induzir a emissão de maior quantidade de afilhos pois, de uma forma geral, a definição da emissão dos primeiros afilhos primários pela planta ocorre em estádios iniciais do seu desenvolvimento (Almeida e Mundstock, 2001ab), tendo a disponibilidade de N papel importante neste processo (Grohs et al., 2001; Mundstock et al., 2001). Esta resposta foi observada em Eldorado do Sul, no ano de 2000, onde os dois primeiros afilhos primários apareceram em menor frequência com a aplicação de N na emissão da 7ª folha em relação aos estádios anteriores (Tabela 11).

Mesmo com uma menor produção de afilhos, o maior número de espigas produzidas por área com a aplicação de N no final do afilhamento foi resultado da maior sobrevivência de colmos, como observado em Eldorado do Sul, no ano de 2000 (Figura 27). A maior sobrevivência de colmos pode ser atribuída ao N que minimizou os efeitos da forte competição que existe entre os colmos a partir deste estádio, já que durante o alongamento dos entrenós há extrema competição por recursos do ambiente (Garcia del Moral et al., 1984), diminuindo a competição existente e favorecendo o desenvolvimento dos colmos presentes no final do afilhamento (Mundstock e Bredemeier, 2001; Simons, 1982).

Além disso, a resposta em rendimento de grãos com a aplicação de N no final do afilhamento também foi influenciada pelo maior número de grãos produzidos por espiga, atribuído, possivelmente, ao aumento no número de flores

diferenciadas e à diminuição do aborto floral. O número de espiguetas formadas não foi determinado mas, provavelmente, não foi afetado pelo N, pois neste estágio já há a formação da espiguetas terminal, não havendo possibilidade do incremento deste componente (MacMaster, 1997). Como após a formação da espiguetas terminal ocorre a diferenciação floral (Williams, 1966) e, posteriormente, o ajuste do número de flores (pelo aborto floral) (MacMaster, 1997), provavelmente estes dois processos foram responsáveis pelo aumento de grãos observado. A disponibilidade de N neste período é fundamental para o incremento do rendimento (número de grãos), pois alivia a competição interna existente para o alongamento dos entrenós e formação da inflorescência, contribuindo para o maior desenvolvimento desta e diminuindo o aborto de flores.

Os reflexos da aplicação de N na emissão da 7ª folha também foram visualizados na produção final de massa seca (rendimento biológico) (Figura 2) relacionada com os incrementos no rendimento de grãos, pois a partição da fitomassa da parte aérea entre as estruturas vegetativas e reprodutivas (índice de colheita) não foi afetada pela época de aplicação de N (Tabela 6). As maiores taxas de acúmulo de massa seca com a aplicação de N no final do afilhamento (Figuras 12d a 14d) coincidiram com altas taxas de acúmulo de N (Figuras 18d a 20d) no período em que a planta apresenta rápido crescimento vegetativo e grande exigência de N para dar aporte ao crescimento em massa seca (Lal et al., 1978).

A estrutura do dossel foi beneficiada pelo N aplicado no final do afilhamento, melhorando algumas características agrônômicas. Assim, a estatura de planta não foi aumentada, pois o afilhamento não foi exagerado (Tabela 8,

Figuras 24 a 26), o que possibilitou menor competição por luz entre eles, diminuindo o estiolamento dos colmos. Isto pode ser relacionada à diminuição no acamamento de plantas, como observado em Victor Graeff, no ano de 2000 (Tabela 8). O maior acúmulo de massa seca distribuída numa menor quantidade de colmos por área e sem aumento na estatura destes resulta em colmos com maior diâmetro e maior resistência ao acamamento.

Os benefícios que decorrem do N suprido no final do afilhamento nem sempre surgem quando a planta recebe quantidades maiores de N em etapas anteriores, especialmente na semeadura, e em solos com alta liberação de N pela matéria orgânica. Nestas situações, há aumento do acamamento, como observado em Victor Graeff, no ano de 2001 (Tabela 8), pois o N disponibilizado no início do ciclo incrementa o número de colmos presentes no final do afilhamento. Estes têm seu crescimento favorecido pela segunda aplicação de N, em que a massa seca acumulada por área fica distribuída numa maior quantidade de colmos com menor diâmetro e mais susceptíveis ao acamamento. Outra característica indesejável visualizada com o suprimento de N nos dois estádios (semeadura + final do afilhamento) é a obtenção de plantas de estatura maior. Nesta situação, o maior número de colmos presentes no início do alongamento dos entrenós (Figura 26), aumenta a competição destas estruturas por luz, favorecendo o aumento em estatura, como observado em Eldorado do Sul, no ano de 2001 (Tabela 8).

Finalmente, há que se considerar os efeitos da aplicação de N no final do afilhamento (emissão da 7ª folha) sobre os teores de proteína do grão, com o cuidado de não ultrapassar o teor máximo permitido para produção de malte.

Tanto em Eldorado do Sul, como em Encruzilhada do Sul e Victor Graeff, no ano de 2000 (Figuras 9 a 11), os menores teores de proteína estiveram abaixo do limite, o que pode ser atribuído ao efeito de diluição do N pelo similar aumento de massa seca em resposta ao aumento da absorção de N pela planta (Figuras 12d a 14d e 18d a 20d). O N proporcionou o incremento do número de espigas área^{-1} e do número de grãos espiga $^{-1}$ (Figuras 6 e 7) e, portanto, maior produção de grãos por área, o que resultou na diluição do N presente nas estruturas vegetativas entre as estruturas reprodutivas e que foi suficiente para manter os teores de proteína do grão em níveis abaixo do máximo permitido.

Estes dados, de certa forma, não referendam a recomendação atual de não aplicar o N no final do afilhamento, devido aos riscos de se aumentar o teor de proteína dos grãos. Eles mostram que as plantas de cevada respondem às aplicações de N neste estágio, sem que haja incrementos do teor de proteína prejudiciais à qualidade cervejeira.

As respostas à aplicação de N no período de alongamento dos entrenós (**emissão da 9ª folha**) mostram a possibilidade de se obter incrementos no rendimento de grãos em estádios tardios, como observado nos ambientes estudados (Figuras 1, 3 a 5). Os acréscimos podem ser atribuídos à elevação da sobrevivência de afilhos (Figura 27) que resultou na consolidação de elevado número de espigas área^{-1} (Figura 6). A resposta fisiológica é similar àquela discutida quando o N é aplicado no final do afilhamento. Neste período, a emissão de afilhos já foi encerrada e o número máximo de colmos alcançados foi reduzido, mas a disponibilidade de N aumenta a sobrevivência dos colmos existentes mesmo que o processo de alongamento dos entrenós já esteja em andamento.

Nem sempre este comportamento é observado (Ramos et al., 1995), mas ele mostra que na emissão da 9ª folha do CP ainda não está fixado o número de filhos que possuem potencial para produzir espigas, contradizendo o exposto por Garcia del Moral et al. (1984).

A variabilidade de resposta indica que este período não pode ser considerado crítico para aplicação de N. Mesmo com o aumento na sobrevivência de colmos, o rendimento de grãos, em certas situações, foi inferior ao obtido com a aplicação de N no final do afilhamento (Figuras 1 e 3). Nestes casos, a causa foi atribuída ao não incremento do número de grãos espiga⁻¹ (Tabela 7). Igualmente neste estágio, grande parte dos primórdios florais já foi iniciada e diferenciada (Gallagher, 1983; Kirby, 1988) e, mesmo que ocorra a diminuição do aborto de flores, a aplicação de N não incrementa a produção de flores e, conseqüentemente, o potencial de grãos a serem formados.

A elevação do teor de proteína nos grãos pode limitar a aplicação de N na emissão da 9ª folha, como observado em Eldorado do Sul e Encruzilhada do Sul, no ano de 2000, (Figuras 9 e 10). Esta pode ser em conseqüência do elevado acúmulo de N (Figuras 18e a 23e), sem resultar em acréscimos no acúmulo de massa seca (Figuras 12e a 17e), havendo, assim, maior disponibilidade de N para o enchimento de grãos. Além disso, o não incremento do número de grãos espiga⁻¹, como observado em Eldorado do Sul, no ano de 2000 (Figura 7), pode resultar na diluição do N acumulado em menor quantidade de grãos, contribuindo para aumentar o teor de proteína do grão.

As aplicações de N próximos ao final do ciclo vegetativo da cultura (**emborrachamento**) não incrementaram o rendimento de grãos, como observado

em todos os locais (Figuras 1, 3 a 5). Somente a massa de grão aumentou (Figura 8), como também observado por Easson (1984). As plantas que recebem N neste estágio têm área foliar ativa por mais tempo, aumentando a produção de fotoassimilados e a duração do período de enchimento de grãos (McMaster, 1997), mas as variações observadas neste componente não apresentam boa correlação com rendimento de grãos (Garcia del Moral et al., 1991).

Em geral, há acréscimos substanciais no teor de proteína no grão com a aplicação de N no emborrachamento (Easson,1984), como observado em Eldorado do Sul (Figura 9). O acréscimo no teor de proteína pode ser atribuído à absorção de N ocorrida neste estágio (Figuras 18f a 23f). Como se encontra no final do período de acúmulo de massa seca da parte aérea, a planta não responde em incrementos desta variável (Figuras 12f a 17f) e o N fica disponível para ser remobilizado aos grãos. Em algumas situações isto não ocorre, como em Encruzilhada do Sul e Victor Graeff. Nestes locais é possível que a planta de cevada já tenha reduzido a absorção de N do solo, o que pode ter contribuído para o não aumento dos teores de proteína nos grãos.

6. CONCLUSÕES

Para condições de médio teor de matéria orgânica do solo, a variação da época da aplicação de N teve pouca importância na formação do rendimento de grãos, observando-se poucas diferenças entre os estádios fenológicos.

Em condições de baixa matéria orgânica no solo, a cultura da cevada necessitou do suplemento de N preferencialmente entre a emissão da 3ª folha e emissão da 7ª folha do CP, para manter elevado rendimento de grãos.

No início deste período, houve forte exigência de N pela planta para estimular a emissão de filhotes e formação de espiguetas, aumentando o potencial de rendimento da cultura pelo incremento no número de colmos área^{-1} e espiguetas espiga^{-1} .

No final do afilamento (por volta da emissão da 7ª folha), o N foi crítico para a concretização do potencial de rendimento formado nos estádios iniciais de desenvolvimento, consolidando o número de espigas área^{-1} e o número de grãos espiga^{-1} .

O N adicionado no início do ciclo da cultura (entre a emergência das plântulas e emissão da 5ª folha do CP) não resultou em disponibilidade de N suficiente para dar suporte as exigências de N e acúmulo de massa seca da parte aérea, no período de alongamento dos entrenós.

A aplicação de N no período de alongamento dos entrenós resultou na maior taxa de acúmulo de massa seca e de absorção de N, reduzindo a mortalidade de colmos.

O teor de proteína nos grãos se manteve baixo sempre que, com a adição de N, houve aumento do acúmulo de massa seca da parte aérea, reduzindo o N disponível para ser remobilizado para os grãos, ou favoreceu o aumento do número de grãos área^{-1} , aumentando a diluição do N entre estas estruturas. Esta situação ocorreu com a aplicação de N entre a emergência das plântulas e a emissão da 7ª folha.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M.L.; MUNDSTOCK, C.M. O afilhamento em aveia afetado pela qualidade da luz em plantas sob competição. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.3, p.393-400, 2001a.

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

ANGHINONI, I. Adubação nitrogenada nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. In: SANTANA, M.B.M. **Adubação nitrogenada no Brasil**. Ilhéus: CEPLAC/SBSC, 1986. p.1-18.

AYOUB, M.; GUERTIN, S.; LUSSIER, S.; SMITH, D.L. Timing and level of nitrogen fertility effects on spring wheat yield in Eastern Canada. **Crop Science**, Madison, v.34, n.3, p.748-756, 1994.

BAKER, C.K.; GALLAGHER, J.N. The development of winter wheat in the field. 1. Relation between apical development and plant morphology within and between seasons. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.101, n.2, p.327-335, 1983.

BERGAMASCHI, H.; GUADAGNIN, M.R. **Agroclima da Estação Experimental Agrônômica – UFRGS**. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1990. 60p.

BLACK, A.L. Long-term N-P fertilizer and climate influences on morphology and yield components of spring wheat. **Agronomy Journal**, Madison, v.74, n.4, p.651-657, 1982.

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

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

BREMNER, P.M. Growth and yield of three varieties of wheat, with particular reference to the influence of unproductive tillers. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.72, n.2, p.281-287, 1969.

BROCKLEHURST, P.A. Factors controlling grain weight in wheat. **Nature**, London, v.266, p.348-349, 1977.

BULMAN, P.; SMITH, D.L. Grain protein response of spring barley to high rates and post-anthesis application of fertilizer nitrogen. **Agronomy Journal**, Madison, v.85, n.6, p.1109-1113, 1993.

CANNELL, D.E. The tillering pattern in barley varieties. I. Production, survival and contribution to yield by component tillers. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.72, n.3, p.405-422, 1969a.

CANNELL, D.E. The tillering pattern in barley varieties. II. The effect of temperature, light intensity and daylength on the frequency of occurrence of the coleoptile node and second tillers in barley. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.72, n.3, p.423-435, 1969b.

CHAFAI-ELALAOUI, A.; SIMMONS, S.R. Quantitative translocation of photoassimilates from nonsurviving tillers in barley. **Crop Science**, Madison, v.28, n.6, p. 969-972, 1988.

CHATURVEDI, G.S.; AGGARWAL, P.K.; SINGH, A.K. et al. Effect of irrigation on tillering in wheat, triticale and barley in a water limited environment. **Indian Journal of Agricultural Science**, New Delhi, v.51, p.738-745, 1981.

COMISSÃO DE PESQUISA DE CEVADA. **Indicações técnicas para produção de cevada cervejeira: safras 2001 e 2002**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. 80p.

DAVIDSON, D.J.; CHEVALIER, P.M. Preanthesis tiller mortality in spring wheat. **Crop Science**, Madison, v.30, n.4, p.832-836, 1990.

EASSON, D.L. The timing of nitrogen application for spring barley. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.102, n.3, p.673-678, 1984.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA, 1999. 412p.

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

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

GARCÍA DEL MORAL, L.F.; RAMOS, J.M.; GARCÍA DEL MORAL, M.B.; JIMÉNEZ-TEJADA, M.P. Ontogenetic approach to grain production in spring barley based on path-coefficient analysis. **Crop Science**, Madison, v.31, n.5, p.1179-1185, 1991.

GARCÍA DEL MORAL, L.F.; RAMOS, J.M.; RECALDE, L. Tillering dynamics of winter barley as influenced by cultivar and nitrogen fertilizer: a field study. **Crop Science**, Madison, v.24, n.1, p.179-181, 1984.

GROHS, D.S.; MUNDSTOCK, C.M.; CARMONA, F.C. et al. O padrão de afilamento em cevada afetado pela disponibilidade de N. In: REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA, 21. Guarapuava, 2001. **Anais e Ata**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. p.191-198.

HAUN, J.R. Visual quantification of wheat development. **Agronomy Journal**, Madison, v.65, n.1, p.116-119, 1973.

IPAGRO. **Observações meteorológicas no estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: IPAGRO, 1979. 272p. (Boletim Técnico, 3)

KHALIFA, M.A. Effects of nitrogen on leaf area index, leaf area duration, net assimilation and yield of wheat. **Agronomy Journal**, Madison, v.65, n.2, p.253-256, 1973.

KIRBY, E.J.M. Significant stages of ear development in winter wheat. In: DAY, W.; ATKIN, R.K. (eds). **Wheat growth and modelling**. New York: Plenum Press, 1985. p.7-24.

KIRBY, E.J.M. Analysis of leaf, stem and ear growth in wheat from terminal spikelet stage to anthesis. **Field Crop Research**, Amsterdam, v.18, p.127-140, 1988.

KIRBY, E.J.M.; APPLEYARD, M.; FELLOWES, G. Leaf emergence and tillering in barley and wheat. **Agronomie**, Versailles, v.5, n.3, p.193-200, 1985.

KIRBY, E.J.M.; FARIS, D.G. The effect of plant density on tiller growth and morphology in barley. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.78, n.2, p.281-288, 1972.

KIRBY, E.J.M.; JONES, H.G. The relationship between the main shoot and tillers in barley plants. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.88, n.2, p.381-389, 1977.

KLEPPER, B.; RICKMAN, R.W.; BELFORD, R.K. Leaf and tiller identification on wheat plants. **Crop Science**, Madison, v.23, n.5, p.1002-1004, 1983.

KLEPPER, B.; RICKMAN, R.W.; PETERSON, C.M. Quantitative characterization of vegetative development in small cereals grains. **Agronomy Journal**, Madison, v.74, n.5, p.789-792, 1982.

LAL, P.; REDDY, G.G.; MODI, M.S. Accumulation and redistribution pattern of dry matter and N in triticale and wheat varieties under water stress conditions. **Agronomy Journal**, Madison, v.70, n.4, p.623-626, 1978.

LAUER, J.G.; SIMMONS, S.R. Photoassimilate partitioning of main shoot leaves in field-growth spring barley. **Crop Science**, Madison, v.25, n., p.851-855, 1985.

LONGNECKER, N.; KIRBY, E.J.M.; ROBSON, A. Leaf emergence, tiller growth, and apical development of nitrogen-deficient spring wheat. **Crop Science**, Madison, v.33, n.1, p.154-160, 1993.

LUTCHER, L.K.; MAHLER, R.L. Sources and timing of spring topdress nitrogen on winter wheat in Idaho. **Agronomy Journal**, Madison, v.80, n.4, p.648-654, 1988.

MAHLER, R.L.; KOEHLER, F.E.; LUTCHER, L.K. Nitrogen source, timing of application, and placement: effects on winter wheat production. **Agronomy Journal**, Madison, v.86, n.4, p.637-642, 1994.

MARTIN, G.C. Apical dominance. **Hort Science**, Alexandria, v.22, n.5, p.824-833, 1987.

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

MASLE-MEYNARD, J. Elaboration of the ear number of winter wheat submitted to competition for nitrogen: I. Importance of a critical stage for a tiller, relevant to its elongation. **Agronomie**, Versailles, v.1, p.623-632, 1981.

McMASTER, G.S. Phenology, development and growth of the wheat (*Triticum aestivum* L.) shoot apex: a review. **Advances in Agronomy**, Madison, v.59, p.63-118, 1997.

McTAGGART, I.P.; SMITH, K.A. The effect of rate, form and timing of fertilizer N on nitrogen uptake and grain N content in spring malting barley. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.125, n.3, p.341-353, 1995.

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

MUNDSTOCK, C.M.; BREDEMEIER, C. A cv. de trigo EMBRAPA 16 responde ao nitrogênio aplicado no final do afilhamento. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO, 18. Passo Fundo, 1999. **Anais**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1999. p.700-704.

MUNDSTOCK, C.M.; BREDEMEIER, C. Disponibilidade de nitrogênio e sua relação com o afilhamento e o rendimento de grãos de aveia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.2, p.205-211, 2001.

MUNDSTOCK, C.M.; CARMONA, F.C.; CAUDURO, G.F. et al. O padrão de afilhamento em aveia afetado pela disponibilidade de nitrogênio. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 21. Lages, 2001. **Resultados Experimentais**. Lages: UDESC, 2001. p.77-78.

PATRICK, J.W. Distribution of assimilate during stem elongation in wheat. **Australian Journal of Biological Sciences**, Collingwood, v.25, p.455-467, 1972.

PELTONEN, J. Ear developmental stage used for timing supplemental nitrogen application to spring wheat. **Crop Science**, Madison, v.32, n.4, p.1029-1033, 1992.

PENNY, A.; WIDDOWSON, F.V.; JENKYN, J.F. Results from experiments on winter barley measuring the effects of amount and timing of nitrogen and some other factors on the yield and nitrogen content of the grain. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.106, n.3, p.537-549, 1986.

PERUZZO, G.; GOCKS, A.; ANTONIAZI, N. Efeito do nitrogênio na cultura da cevada, 1993. In: REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA, 14. Passo Fundo, 1994. **Resultados de pesquisa de cevada**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1996. p. 65-68.

PETR, J.; CRENY, V.; HRUSKA, L. Yield formation in cereals. In: PETR, J.; CRENY, V.; HRUSKA, L. **Yield formation in the main field crops**. Amsterdam: Elsevier, 1988. p.72-153.

RAMOS, J.M.; DE LA MORENA, I.; GARCÍA DEL MORAL, L.F. Barley response to rate and timing in a Mediterranean environment. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 125, n.2, p.175-182, 1995.

RAWSON, H.M.; DONALD, C.M. The absorption and distribution of nitrogen after floret initiation in wheat. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v.20, n.5, p.799-808, 1969.

RIBOLDI, J. **Delineamentos experimentais de campo**. Porto Alegre: Instituto de Matemática da UFRGS, 1993. p.1, 78p. (Cadernos de Matemática e Estatística)

RICKMAN, R.W.; KLEPPER, B.; BELFORD, R.K. Developmental relationships among roots, leaves and tillers in winter wheat. In: DAY, W.; ATKIN, R.K. (eds). **Wheat growth and modelling**. New York: Plenum Press, 1985. p.83-98.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. **Macrozoneamento agroecológico e econômico do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, 1994. 2v.

SAJO, A.A.; SCARISBRICK, D.H.; CLEWER, A.G. Effect of rates and time of nitrogen fertilizer on the grain protein content of wheat (*Triticum aestivum*), grown in two contrasting seasons in South East England. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.118, n.3, p.265-269. 1992.

SHAH, S.A.; HARRISON, S.A.; BOQUET, D.J.; COLYER, P.D.; MOORE, S.H. Management effects on yield and yield components of late-planted wheat. **Crop Science**, Madison, v.34, n.5, p.1298-1303, 1994.

SILVA, A.C. Resultados da experimentação com cevada malteira em Ponta Grossa. In: REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA, 21. Guarapuava, 2001. **Anais e Ata**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. p. 255-264.

SIMMONS, S.R.; RASMUSSEN, D.C.; WIERSMA, J.V. Tillering in barley: genotype, row spacing and seeding rate effects. **Crop Science**, Madison, v.22, n.5, p.801-805, 1982.

SIMONS, R.G. Tiller and ear production of winter wheat. **Field Crop Abstract**, Oxon, v.35, n.11, p.857-870, 1982.

SUZUKI, M.; MACLEOD, L.B. Barley yields and tissue N, P, and K with high-low N supply for different growth periods. **Agronomy Journal**, Madison, v.69, n.4, p.695-670, 1977.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A. et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2 ed. Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS, 1995. 174p. (Boletim Técnico de Solos, 5)

THORNE, G.N. Effect of applying nitrogen to cereals in the spring or at ear emergence. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.58, n.1, p.89-96, 1982.

WILLIAMS, R.F. Development of the inflorescence in Gramineae. In: MILTHORPE, F.L.; IVINS, J.D. (eds). **The Growth of Cereals and Grasses**. London: Butterworth, 1966.

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

ZEBARTH, B.J.; SHEARD, R.W. Influence of rate and timing of nitrogen fertilization on yield and quality of hard red winter wheat in Ontario. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.72, n.1 p.13-19, 1992.

8. APÉNDICE

APÊNDICE 1 - Resumo da análise de variância para Eldorado do Sul (2000) do rendimento de grãos, dos componentes do rendimento, da qualidade cervejeira dos grãos, do rendimento biológico, do índice de colheita, da estatura de plantas, do número, desenvolvimento e sobrevivência dos colmos e da frequência de afilhos.

Variável	Causas da Variação			G.L.	C.V.
	Estádios	Blocos	Resíduo		
	----- Quadrados médios (Graus de liberdade) -----				%
Rendimento de grãos	769697,9 (17) *	347451,4 (3) ^{ns}	6237522,9 (51)	71	19,2
Nº espigas área ⁻¹	6319,0 (17) *	10191,1 (3) *	2982,3 (51)	71	19,7
Nº grãos espiga ⁻¹	28,3 (17) *	21,8 (3) ^{ns}	14,7 (51)	71	23,1
Massa de grão	0,9 (17) *	0,6 (3) ^{ns}	0,5 (51)	71	4,2
Teor de proteína no grão	4,19 (17) *	5,81 (3) *	1,00 (51)	71	9,5
Grãos de 1ª classe	4,3 (17) ^{ns}	1,3 (3) ^{ns}	2,9 (51)	71	1,8
Rendimento biológico	3322077,0 (17) *	1035913,9 (3) ^{ns}	620094,6 (51)	71	17,8
Índice de colheita	0,0031 (17) ^{ns}	0,0014 (3) ^{ns}	0,0025 (51)	71	12,2
Estatura de plantas	246,8 (17) *	134,7 (3) *	40,1 (51)	71	8,0
Colmos metro ⁻²	55208,9 (17) *	36065,2 (3) ^{ns}	14651,8 (51)	71	21,2
Sobrevivência de colmos	367,8 (17) *	112,2 (3) ^{ns}	177,2 (51)	71	26,0
Escala Haun do CP	0,40 (11) *	0,13 (3) ^{ns}	0,11 (33)	47	4,4
Escala Haun do A1	0,68 (11) *	0,45 (3) ^{ns}	0,21 (33)	47	11,0
Escala Haun do A2	0,80 (11) *	0,08 (3) ^{ns}	0,22 (33)	47	13,5
Escala Haun do A3	1,02 (11) *	1,15 (3) *	0,28 (33)	47	21,2
Frequência do A1	812,9 (11) *	202,9 (3) ^{ns}	300,0 (33)	47	20,5
Frequência do A2	716,1 (11) *	386,3 (3) ^{ns}	189,8 (33)	47	15,8
Frequência do A3	730,6 (11) ^{ns}	1600,5 (3) *	530,4 (33)	47	51,1
Frequência do A4	308,6 (11) ^{ns}	636,9 (3) *	220,3 (33)	47	132,5

* significativo pelo F-teste, a 5% de probabilidade

^{ns} não significativo pelo F-teste, a 5% de probabilidade

G.L. = graus de liberdade total

C.V. = coeficiente de variação

APÊNDICE 2 - Resumo da análise de variância para os ambientes de Eldorado do Sul (2001), Encruzilhada do Sul (2000) e Victor Graeff (2000 e 2001), dos parâmetros avaliados.

Variável	Causas da Variação			G.L.	C.V.
	Estádios	Blocos	Resíduo		
	----- Quadrados médios (Graus de liberdade) -----				%
Eldorado do Sul (2001)					
Rendimento de grãos	277102,3 (17) ^{ns}	3099651,5 (3) *	158359,5 (51)	71	24,5
Nº espigas área ⁻¹	7685,0 (17) ^{ns}	6938,7 (3) *	4894,9 (51)	71	26,0
Nº grãos espiga ⁻¹	13,7 (17) ^{ns}	71,6 (3) *	12,5 (51)	71	27,4
Massa de grão	4,6 (17) ^{ns}	36,2 (3) *	3,2 (51)	71	3,7
Rendimento biológico	1682008,1 (17) ^{ns}	13264251,5 (3) *	1457965,7 (51)	71	24,7
Índice de colheita	0,013 (17) ^{ns}	0,046 (3) ^{ns}	0,018 (51)	71	42,6
Encruzilhada do Sul (2000)					
Rendimento de grãos	427112,2 (17) *	137275,7 (3) ^{ns}	97257,8 (51)	71	23,7
Proteína no grão	2,85 (17) *	0,06 (3) ^{ns}	0,25 (51)	71	4,8
Grãos de 1ª classe	88,7 (17) ^{ns}	36,0 (3) ^{ns}	55,1 (51)	71	10,8
Victor Graeff (2000)					
Rendimento de grãos	580593,1 (14) *	394773,2 (3) ^{ns}	145853,1 (42)	59	11,4
Proteína no grão	1,65 (14) *	0,43 (3) *	0,15 (42)	59	3,7
Grãos de 1ª classe	128,3 (14) ^{ns}	42,3 (3) ^{ns}	119,3 (42)	59	12,9
Victor Graeff (2001)					
Rendimento de grãos	215946,9 (17) *	577095,3 (3) *	32141,0 (51)	71	6,3
Acamamento	2845,8 (17) ^{ns}	1255,9 (3) ^{ns}	313,3 (51)	71	42,7

* significativo pelo F-teste, a 5% de probabilidade

^{ns} não significativo pelo F-teste, a 5% de probabilidade

G.L. = graus de liberdade total

C.V. = coeficiente de variação

APÊNDICE 3 - Rendimento de grãos para Eldorado do Sul (2000 e 2001), Encruzilhada do Sul (2000) e Victor Graeff (2000 e 2001) em função da aplicação de duas doses de N em seis (cinco) estádios de desenvolvimento da cultura da cevada.

Tratamento	Rendimento de grãos (kg.ha ⁻¹)				
	Eldorado do Sul		Encruzilhada do Sul	Victor Graeff	
	2000	2001	2000	2000	2001
Controle	750 e	1180	910 cd	2380 d	2500 de
Aplicação única de 40 kg de N ha⁻¹					
Emergência	1350 cd	1590	800 d	3110 bc	2870 abc
Emissão da 2 ^a /3 ^a folha	1930 ab	1320	1460 ab	---	2950 abc
Emissão da 4 ^a /5 ^a folha	1680 bcd	1990	1470 ab	3430 abc	2830 bc
Emissão da 6 ^a /7 ^a folha	2200 ab	1880	1230 bcd	3180 abc	2960 abc
Emissão da 8 ^a /9 ^a folha	1760 bc	1640	1240 bcd	3190 abc	2720 cd
Emborrachamento	1330 cd	1120	930 cd	2980 c	2490 de
Aplicação única de 80 kg de N ha⁻¹					
Emergência	1770 bc	1940	910 cd	3730 ab	2960 abc
Emissão da 2 ^a /3 ^a folha	1920 ab	1680	1490 ab	---	2990 abc
Emissão da 4 ^a /5 ^a folha	2180 ab	1580	1390 abc	3680 ab	3150 a
Emissão da 6 ^a /7 ^a folha	2360 a	2090	1700 ab	3460 abc	2970 abc
Emissão da 8 ^a /9 ^a folha	1200 de	1680	1460 ab	3340 abc	3100 ab
Emborrachamento	1710 bcd	1750	850 d	2980 c	2240 e
Aplicação parcelada de 80 kg de N ha⁻¹ (40 kg de N ha⁻¹ na emergência)					
Emissão da 2 ^a /3 ^a folha	2170 ab	1680	1200 cd	---	3037 ab
Emissão da 4 ^a /5 ^a folha	2050 ab	1510	1710 ab	3790 a	2990 abc
Emissão da 6 ^a /7 ^a folha	2440 a	1520	1770 a	3610 abc	2860 abc
Emissão da 8 ^a /9 ^a folha	2050 ab	1370	1760 a	3750 ab	2890 abc
Emborrachamento	1970 ab	1640	1410 abc	3430 abc	2830 bc
Média geral	1820	1620 ^{ns}	1320	3390	2850

^{ns} não significativo pelo F-teste, a 5% de probabilidade

APÊNDICE 4 - Componentes do rendimento para Eldorado do Sul (2000 e 2001) em função da aplicação de duas doses de N em seis estádios de desenvolvimento da cultura da cevada.

Tratamento	Componentes do rendimento					
	Espigas metro ⁻²		Grãos espiga ⁻¹		Massa de grão (mg)	
	2000	2001	2000	2001	2000	2001
Controle	179	220	11	12	37	46
Aplicação única de 40 kg de N ha⁻¹						
Emergência	230	216	15	16	39	47
Emissão da 3 ^a folha	257	258	18	11	41	47
Emissão da 5 ^a folha	267	290	16	14	39	48
Emissão da 7 ^a folha	279	309	22	13	41	50
Emissão da 9 ^a folha	307	228	15	15	38	48
Emborrachamento	259	224	13	11	42	46
Aplicação única de 80 kg de N ha⁻¹						
Emergência	280	338	16	12	40	49
Emissão da 3 ^a folha	309	288	15	12	41	46
Emissão da 5 ^a folha	322	269	17	12	40	48
Emissão da 7 ^a folha	303	351	21	12	40	48
Emissão da 9 ^a folha	227	222	13	16	40	48
Emborrachamento	236	302	9	13	41	47
Aplicação parcelada de 80 kg de N ha⁻¹ (40 kg de N ha⁻¹ na emergência)						
Emissão da 3 ^a folha	307	272	18	13	40	48
Emissão da 5 ^a folha	321	239	16	12	39	47
Emissão da 7 ^a folha	321	330	19	10	41	47
Emissão da 9 ^a folha	301	250	17	11	41	48
Emborrachamento	277	232	17	15	41	48
Média geral	275	269	17	13	40	48

APÊNDICE 5 - Teor de proteína no grão para Eldorado do Sul, Encruzilhada do Sul e Victor Graeff, no ano agrícola de 2000 em função da aplicação de duas doses de N em seis (cinco) estádios de desenvolvimento da cultura da cevada.

Tratamento	Teor de proteína no grão (%)		
	Eldorado do Sul	Encruzilhada do Sul	Victor Graeff
Controle	9,9 cde	11,0 bc	10,0 efg
Aplicação única de 40 kg de N ha⁻¹			
Emergência	9,6 cde	9,8 e	9,7 g
Emissão da 3 ^a folha	9,7 cde	9,7 e	---
Emissão da 5 ^a folha	9,4 e	9,8 e	10,4 cdef
Emissão da 7 ^a folha	10,7 bcde	9,9 e	10,2 defg
Emissão da 9 ^a folha	10,5 cde	11,3 b	10,5 cdef
Emborrachamento	11,3 bc	10,0 bcd	9,9 fg
Aplicação única de 80 kg de N ha⁻¹			
Emergência	9,6 cde	10,7 bcd	10,7 cd
Emissão da 3 ^a folha	9,5 de	9,9 cde	---
Emissão da 5 ^a folha	10,1 cde	10,0 de	10,5 cdef
Emissão da 7 ^a folha	10,1 cde	10,8 bcd	10,4 cdef
Emissão da 9 ^a folha	12,2 ab	13,0 a	11,3 b
Emborrachamento	13,3 a	10,4 cde	12,3 a
Aplicação parcelada de 80 kg de N ha⁻¹ (40 kg de N ha⁻¹ na emergência)			
Emissão da 3 ^a folha	10,4 cde	9,7 e	---
Emissão da 5 ^a folha	10,2 cde	9,6 e	10,3 defg
Emissão da 7 ^a folha	10,2 cde	10,3 cde	10,6 cde
Emissão da 9 ^a folha	11,1 bcd	11,1 bc	10,9 bc
Emborrachamento	11,2 bcd	9,7 e	10,1 defg
Média geral	10,5	10,3	10,5

APÊNDICE 6 - Resumo da análise de variância para Eldorado do Sul (2000 e 2001) da evolução da massa seca e do N total da parte aérea.

Causas da variação.	Massa seca		N total	
	2000	2001	2000	2001
	----- Quadrados médios (Graus de liberdade) -----			
Bloco	11318509 (3) *	4601232 (3) ^{ns}	2903,7 (3) *	1095,6 (3) *
Estádios (Est.)	10862822 (17) *	3613079 (17) ^{ns}	1619,9 (17) *	1029,2 (17) *
Resíduo (a)	1227477 (51)	2360876 (51)	273,4 (51) *	335,8 (51)
Parcelas	(71)	(71)	(71)	(71)
Época de coleta (Epo.)	204832209 (6) *	157060737 (4) *	20865,4 (6) *	7613,7 (4) *
Est.*Epo	1268883 (102) *	1089736 (68) *	331,3 (102) *	196,9 (68) *
Regressão linear 1 ¹	19910311 (1) *	9689101 (1) *	2032,7 (1) *	87,7 (1) ^{ns}
Regressão linear 2	58045701 (1) *	31292510 (1) *	2354,9 (1) *	346,1 (1) ^{ns}
Regressão linear 3	67758802 (1) *	21695638 (1) *	4375,3 (1) *	37,59 (1) ^{ns}
Regressão linear 4	41423612 (1) *	47054154 (1) *	1843,0 (1) *	1365,1 (1) *
Regressão linear 5	91892026 (1) *	41643390 (1) *	12439,8 (1) *	1249,9 (1) *
Regressão linear 6	28209444 (1) *	37894959 (1) *	4180,3 (1) *	4185,3 (1) *
Regressão linear 7	22155475 (1) *	8894588 (1) *	3287,7 (1) *	1403,4 (1) *
Regressão linear 8	99662173 (1) *	42589752 (1) *	3055,1 (1) *	1075,9 (1) *
Regressão linear 9	13620149 (1) *	26811043 (1) *	8135,8 (1) *	779,9 (1) *
Regressão linear 10	98472227 (1) *	45715152 (1) *	6703,2 (1) *	2341,8 (1) *
Regressão linear 11	91521191 (1) *	39768140 (1) *	12516,1 (1) *	1454,6 (1) *
Regressão linear 12	51273104 (1) *	24453264 (1) *	9386,3 (1) *	2459,7 (1) *
Regressão linear 13	22946563 (1) *	24823272 (1) *	3533,2 (1) *	4635,3 (1) *
Regressão linear 14	102832584 (1) *	32958358 (1) *	5941,0 (1) *	588,7 (1) *
Regressão linear 15	75110512 (1) *	83662181 (1) *	5934,1 (1) *	3256,2 (1) *
Regressão linear 16	133307921 (1) *	62325581 (1) *	6684,7 (1) *	2377,7 (1) *
Regressão linear 17	10593911 (1) *	43011447 (1) *	26834,1 (1) *	5042,3 (1) *
Regressão linear 18	50725327 (1) *	22380021 (1) *	5071,3 (1) *	716,3 (1) *
Resíduo (b)	451578 (324)	752963 (216)	102,4 (324)	126,6 (216)
Total	(503)	(359)	(503)	(359)
C.V. (a) - %	20,1	31,0	23,9	23,9
C.V. (b) - %	32,2	39,2	38,7	32,8

¹ números correspondentes aos tratamentos conforme o Tabela 2.

* significativo pelo F-teste, a 5% de probabilidade

^{ns} não significativo pelo F-teste, a 5% de probabilidade

C.V. (a) = Coeficiente de variação para o fator estágio de aplicação de N

C.V. (b) = Coeficiente de variação para o fator época de coleta de plantas

APÊNDICE 7 - Evolução da massa seca da parte aérea para Eldorado do Sul (2000) em função da aplicação de duas doses de N em seis estádios de desenvolvimento da cultura da cevada.

Tratamento	Dias após a emergência						
	50	60	64	71	83	88	106
	kg.ha ⁻¹						
Controle	216	471	392	1000	1784	1510	2823
Aplicação única de 40 kg de N ha⁻¹							
Emergência	304	794	686	1520	2676	2382	4933
Emissão da 3 ^a folha	343	853	1118	1559	3176	3961	4787
Emissão da 5 ^a folha	216	873	745	1363	2902	2951	3720
Emissão da 7 ^a folha	275	480	775	1353	2314	3529	5843
Emissão da 9 ^a folha	235	578	794	902	1980	3029	2941
Emborrachamento	196	549	500	745	1539	1902	2931
Aplicação única de 80 kg de N ha⁻¹							
Emergência	422	1186	1000	2000	3657	5118	5691
Emissão da 3 ^a folha	363	1275	1363	1931	4069	5588	6742
Emissão da 5 ^a folha	294	922	824	1627	3402	3725	5986
Emissão da 7 ^a folha	235	657	559	1471	2324	3078	5961
Emissão da 9 ^a folha	176	510	510	1059	2294	2402	4343
Emborrachamento	167	392	412	734	1794	1667	2899
Aplicação parcelada de 80 kg de N ha⁻¹ (40 kg de N ha⁻¹ na emergência)							
Emissão da 3 ^a folha	471	1333	1373	2137	3667	4775	6199
Emissão da 5 ^a folha	353	1049	1304	1941	3047	3667	5475
Emissão da 7 ^a folha	480	1245	1265	2529	4578	5363	6722
Emissão da 9 ^a folha	382	931	735	1265	3020	3529	6449
Emborrachamento	353	755	627	1794	2578	2667	4500

APÊNDICE 8 - Evolução da massa seca da parte aérea para Eldorado do Sul (2001) em função da aplicação de duas doses de N em seis estádios de desenvolvimento da cultura da cevada.

Tratamento	Dias após a emergência				
	52	64	80	93	106
	kg.ha ⁻¹				
Controle	515	907	1593	2081	2380
Aplicação única de 40 kg de N ha⁻¹					
Emergência	662	1385	2059	2365	4620
Emissão da 3 ^a folha	748	1495	1752	3419	3480
Emissão da 5 ^a folha	637	1164	2831	3750	4743
Emissão da 7 ^a folha	686	1250	1949	3370	4743
Emissão da 9 ^a folha	478	931	1520	2953	4350
Emborrachamento	527	613	1250	1924	2218
Aplicação única de 80 kg de N ha⁻¹					
Emergência	637	1140	2892	3652	4510
Emissão da 3 ^a folha	870	1360	2267	3689	3787
Emissão da 5 ^a folha	662	1422	2806	4277	4559
Emissão da 7 ^a folha	551	1238	1850	2451	4963
Emissão da 9 ^a folha	735	882	1409	2145	4032
Emborrachamento	429	809	1605	2157	3701
Aplicação parcelada de 80 kg de N ha⁻¹ (40 kg de N ha⁻¹ na emergência)					
Emissão da 3 ^a folha	674	1103	1863	2659	4449
Emissão da 5 ^a folha	539	1373	2696	3554	6703
Emissão da 7 ^a folha	686	1115	2022	2782	6127
Emissão da 9 ^a folha	576	1127	1801	2892	4902
Emborrachamento	772	1409	2255	2341	4056

APÊNDICE 9 - Evolução do N total da parte aérea para Eldorado do Sul (2000) em função da aplicação de duas doses de N em seis estádios de desenvolvimento da cultura da cevada.

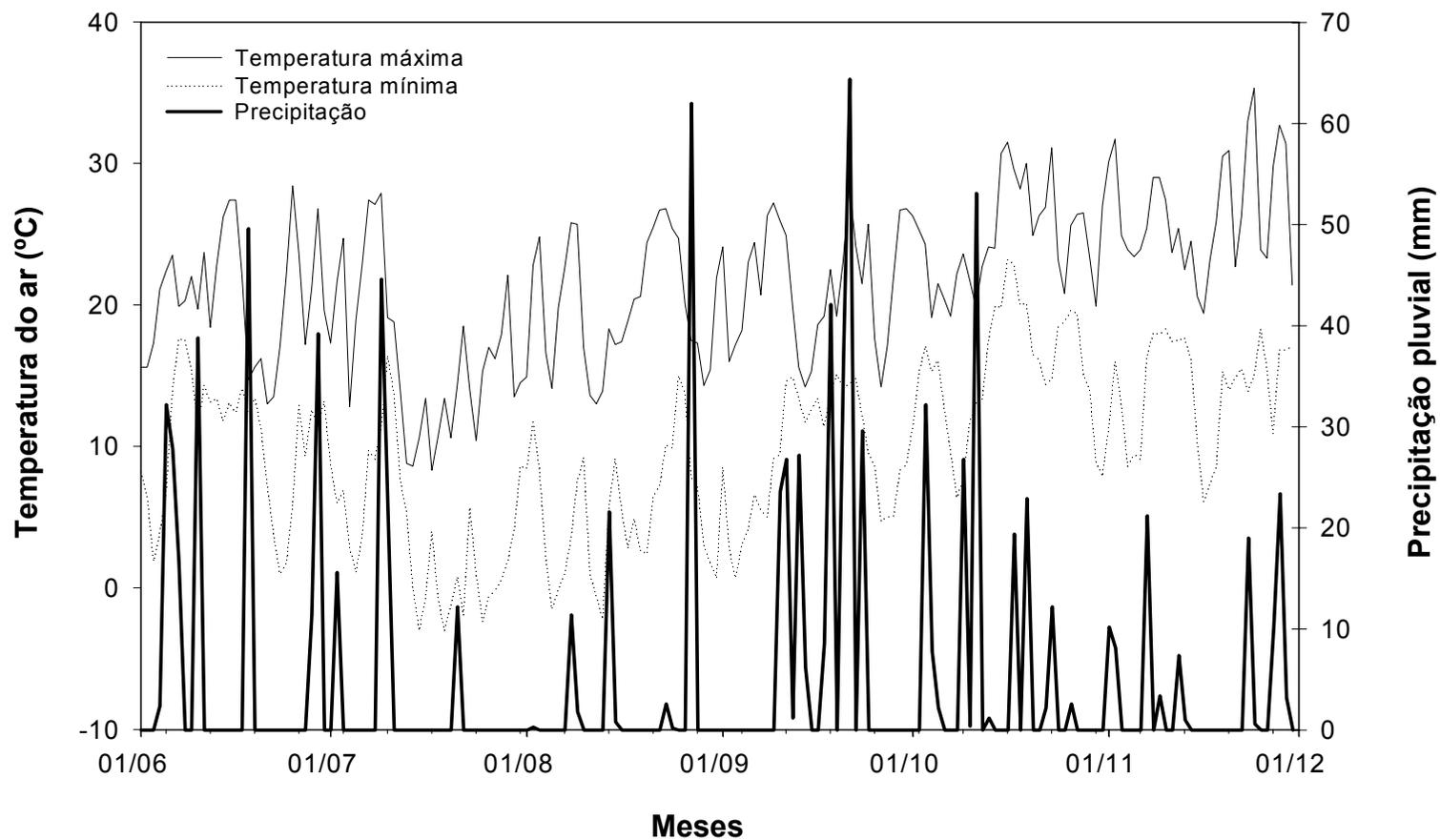
Tratamento	Dias após a emergência						
	50	60	64	71	83	88	106
	kg.ha ⁻¹						
Controle	4,0	7,7	4,6	10,7	20,6	22,2	28,0
Aplicação única de 40 kg de N ha⁻¹							
Emergência	5,4	11,9	9,1	14,4	31,3	26,0	31,0
Emissão da 3 ^a folha	7,7	13,8	16,2	13,6	30,5	53,8	37,4
Emissão da 5 ^a folha	4,5	19,3	11,1	12,7	34,1	36,3	24,8
Emissão da 7 ^a folha	6,7	11,9	13,9	22,1	35,6	52,3	68,9
Emissão da 9 ^a folha	4,6	13,1	11,1	11,0	36,5	38,2	36,6
Emborrachamento	4,1	9,0	6,4	9,6	19,2	28,3	36,0
Aplicação única de 80 kg de N ha⁻¹							
Emergência	9,7	19,7	11,2	19,4	58,1	46,1	28,4
Emissão da 3 ^a folha	6,8	25,6	19,1	21,9	49,7	74,9	47,8
Emissão da 5 ^a folha	8,6	23,5	15,7	19,9	45,6	50,6	52,2
Emissão da 7 ^a folha	4,0	14,7	11,1	19,5	35,9	45,8	69,7
Emissão da 9 ^a folha	4,3	10,9	7,7	12,6	39,0	45,7	54,4
Emborrachamento	3,2	6,5	6,4	7,5	25,9	26,6	34,3
Aplicação parcelada de 80 kg de N ha⁻¹ (40 kg de N ha⁻¹ na emergência)							
Emissão da 3 ^a folha	10,6	24,5	18,4	23,0	50,0	55,1	48,8
Emissão da 5 ^a folha	7,1	19,3	17,6	21,8	46,0	47,4	47,6
Emissão da 7 ^a folha	8,2	31,1	22,0	31,0	66,3	84,0	38,8
Emissão da 9 ^a folha	8,5	16,0	11,0	13,4	48,0	57,7	103,5
Emborrachamento	6,8	11,6	9,2	16,1	35,7	35,2	43,9

APÊNDICE 10 - Evolução do N total da parte aérea para Eldorado do Sul (2001) em função da aplicação de duas doses de N em seis estádios de desenvolvimento da cultura da cevada.

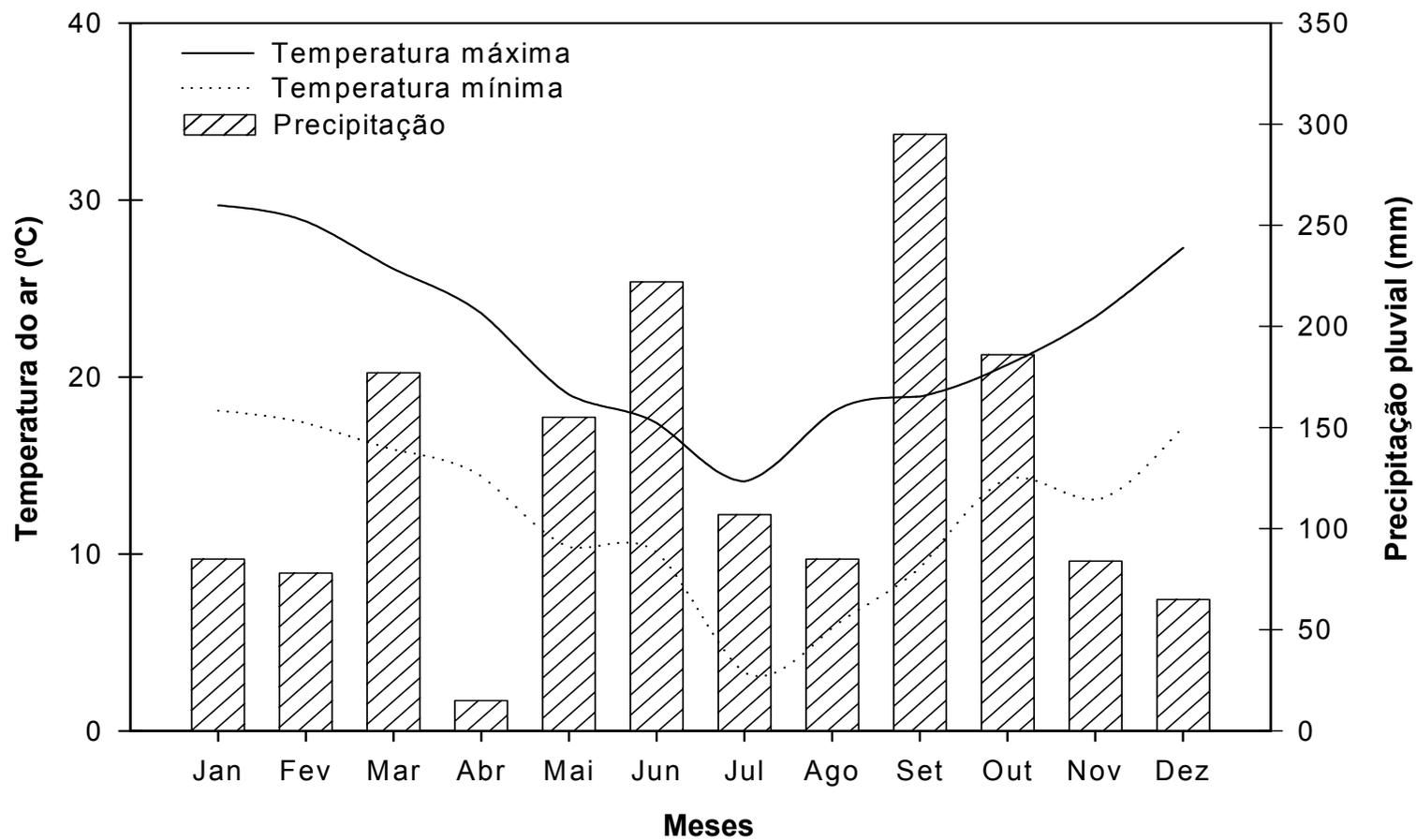
Tratamento	Dias após a emergência				
	52	64	80	93	106
	kg.ha ⁻¹				
Controle	13,6	16,0	28,2	23,6	16,7
Aplicação única de 40 kg de N ha⁻¹					
Emergência	16,4	35,0	32,2	29,1	34,5
Emissão da 3 ^a folha	22,7	32,5	31,0	36,1	25,8
Emissão da 5 ^a folha	27,1	25,7	61,1	48,9	43,4
Emissão da 7 ^a folha	27,4	35,2	43,0	54,1	45,7
Emissão da 9 ^a folha	12,0	15,7	36,0	49,7	45,6
Emborrachamento	14,4	12,6	15,8	33,5	33,6
Aplicação única de 80 kg de N ha⁻¹					
Emergência	19,9	20,0	47,3	33,7	38,2
Emissão da 3 ^a folha	27,2	36,2	53,7	52,6	40,5
Emissão da 5 ^a folha	24,8	30,7	50,0	57,1	49,2
Emissão da 7 ^a folha	28,5	43,6	46,2	45,9	57,9
Emissão da 9 ^a folha	19,2	15,7	31,6	38,6	46,6
Emborrachamento	11,8	14,6	29,0	38,1	53,8
Aplicação parcelada de 80 kg de N ha⁻¹ (40 kg de N ha⁻¹ na emergência)					
Emissão da 3 ^a folha	23,4	21,4	36,6	36,5	34,4
Emissão da 5 ^a folha	17,8	27,5	47,8	47,3	52,6
Emissão da 7 ^a folha	28,2	26,5	49,4	41,7	58,6
Emissão da 9 ^a folha	14,5	23,9	42,6	50,8	56,9
Emborrachamento	25,4	31,5	36,8	36,4	44,1

APÊNDICE 11 - Evolução do número de colmos e sobrevivência de colmos para Eldorado do Sul (2000) em função da aplicação de duas doses de N em seis estádios de desenvolvimento da cultura da cevada.

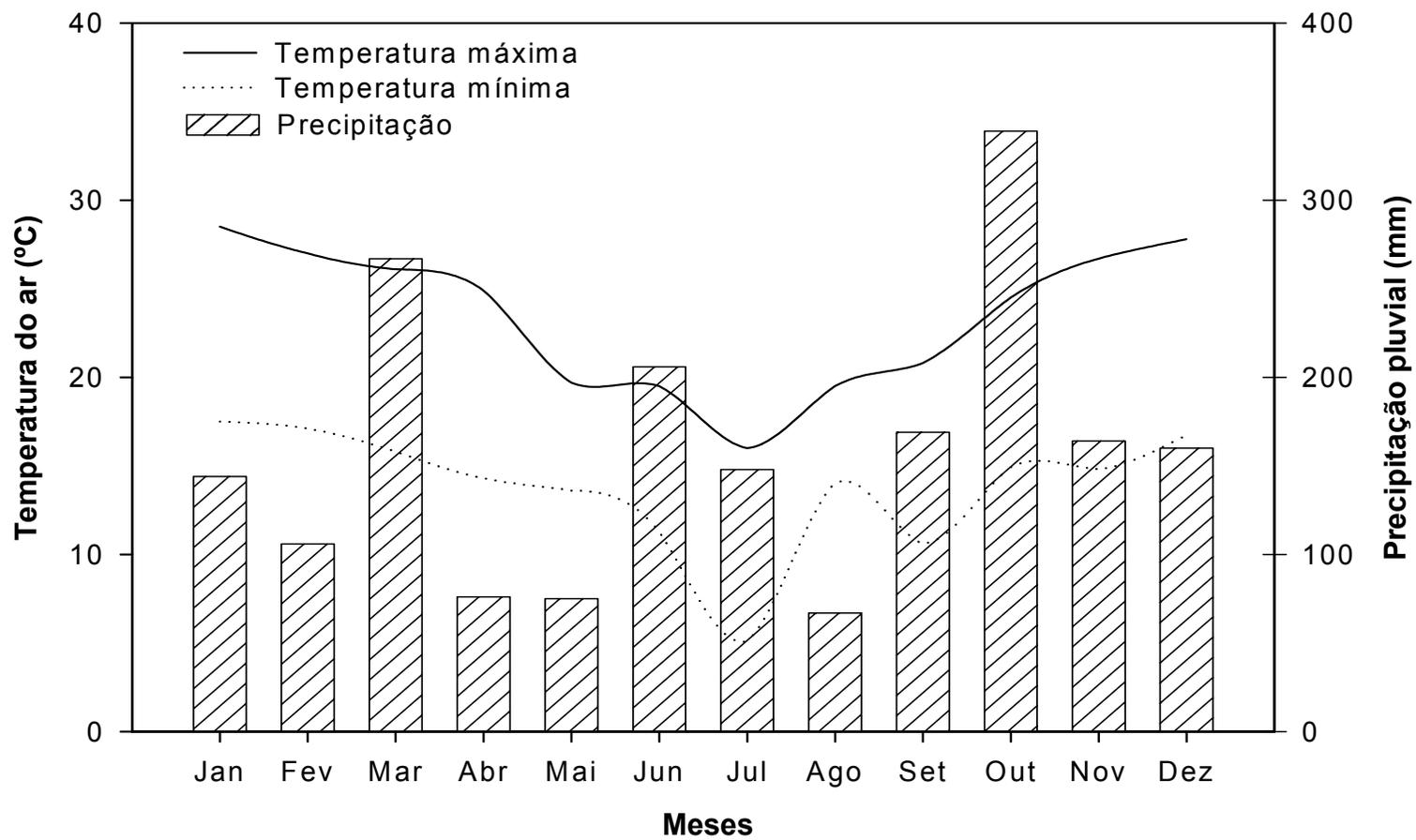
Tratamento	Estádios (Escala Haun)			Sobrevivência de colmos
	5.1	8.1	Maturação de colheita	
 Colmos metro ⁻²			%
Controle	302	437	179	41
----- Aplicação única de 40 kg de N ha ⁻¹ -----				
Emergência	405	528	230	44
Emissão da 3 ^a folha	430	610	257	43
Emissão da 5 ^a folha	309	826	267	34
Emissão da 7 ^a folha	309	532	279	52
Emissão da 9 ^a folha	335	431	307	73
Emborrachamento	339	531	259	51
----- Aplicação única de 80 kg de N ha ⁻¹ -----				
Emergência	385	673	280	42
Emissão da 3 ^a folha	561	667	309	47
Emissão da 5 ^a folha	337	658	322	50
Emissão da 7 ^a folha	370	570	303	56
Emissão da 9 ^a folha	259	358	227	68
Emborrachamento	244	411	236	60
----- Aplicação parcelada de 80 kg de N ha ⁻¹ (40 kg de N ha ⁻¹ na emergência) -----				
Emissão da 3 ^a folha	410	651	307	48
Emissão da 5 ^a folha	315	704	321	47
Emissão da 7 ^a folha	443	597	321	55
Emissão da 9 ^a folha	325	528	301	57
Emborrachamento	377	539	277	51
Média geral	359	570	275	51



APÊNDICE 12 - Temperaturas do ar máxima e mínima e precipitação pluviual ocorridas durante a estação de crescimento da cultura da cevada. Eldorado do Sul, RS, 2000.



APÊNDICE 13 - Temperaturas do ar máxima e mínima e precipitação pluviométrica ocorridas durante a estação de crescimento da cultura da cevada. Encruzilhada do Sul, RS, 2000.



APÊNDICE 14 - Temperaturas do ar máxima e mínima e precipitação pluvial ocorridas durante a estação de crescimento da cultura da cevada. Victor Graeff, RS, 2000.

VITA

Anderson Fernando Wamser, filho de Sérgio Antônio Wamser e de Enite Philippi Wamser, nasceu em 29 de setembro de 1977, em Rio do Sul, Santa Catarina.

Cursou o primeiro grau no Instituto Maria Auxiliadora e na Escola Básica Deputado João Custódio da Luz, em Rio do Sul, Santa Catarina. O segundo grau cursou no Colégio Estadual Professor Henrique da Silva Fontes e no Instituto Univest, em Rio do Sul, Santa Catarina. Em 1995 ingressou no Curso de Agronomia da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), graduando-se Engenheiro Agrônomo em 1999. Em março de 2000 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, área de concentração Plantas de Lavoura, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
1. Rendimento de grãos em resposta à aplicação de duas doses de N em seis diferentes estádios de desenvolvimento da cevada. Eldorado do Sul (RS) 2000.....	31
2. Rendimento de grãos em resposta à aplicação de duas doses de N em seis diferentes estádios de desenvolvimento da cevada. Eldorado do Sul (RS), 2001.....	32
3. Rendimento de grãos em resposta à aplicação de duas doses de N em seis diferentes estádios de desenvolvimento da cevada. Encruzilhada do Sul (RS), 2000	33
4. Rendimento de grãos em resposta à aplicação de duas doses de N em cinco diferentes estádios de desenvolvimento da cevada. Victor Graeff (RS), 2000	34
5. Rendimento de grãos em resposta à aplicação de duas doses de N em seis diferentes estádios de desenvolvimento da cevada. Victor Graeff (RS), 2001	35
6. Número de espigas metro ⁻² em resposta à aplicação de duas doses de N em seis diferentes estádios de desenvolvimento da cevada. Eldorado do Sul (RS), 2000	38
7. Número de grãos espiga ⁻¹ em resposta à aplicação de duas doses de N em seis diferentes estádios de desenvolvimento da cevada. Eldorado do Sul (RS), 2000	40
8. Massa de grão em resposta à aplicação de duas doses de N em seis diferentes estádios de desenvolvimento da cevada. Eldorado do Sul (RS), 2000.....	41
9. Teor de proteína no grão em resposta à aplicação de duas doses de N em seis diferentes estádios de desenvolvimento da cultura. Eldorado do Sul (RS), 2000.....	42

10. Teor de proteína no grão em resposta à aplicação de N em seis diferentes estádios de desenvolvimento da cultura. Encruzilhada do Sul (RS), 2000.....	43
11. Teor de proteína no grão em resposta à aplicação de N em cinco diferentes estádios de desenvolvimento da cultura. Victor Graeff (RS), 2000	44
12. Evolução da produção de massa seca da parte aérea com a aplicação de 40 kg de N.ha ⁻¹ em seis diferentes estádios de desenvolvimento da cultura (○) e sem a aplicação de N (●). Eldorado do Sul (RS), 2000.....	48
13. Evolução da produção de massa seca da parte aérea com a aplicação de 80 kg de N.ha ⁻¹ em seis diferentes estádios de desenvolvimento da cultura (○) e sem a aplicação de N (●). Eldorado do Sul (RS), 2000.....	49
14. Evolução da produção de massa seca da parte aérea com a aplicação de 40 kg de N.ha ⁻¹ na emergência + 40 kg de N.ha ⁻¹ em cinco diferentes estádios de desenvolvimento da cultura (○) e sem a aplicação de N (●). Eldorado do Sul (RS), 2000	50
15. Evolução da produção de massa seca da parte aérea com a aplicação de 40 kg de N.ha ⁻¹ em seis diferentes estádios de desenvolvimento da cultura (○) e sem a aplicação de N (●). Eldorado do Sul (RS), 2001.....	53
16. Evolução da produção de massa seca da parte aérea com a aplicação de 80 kg de N.ha ⁻¹ em seis diferentes estádios de desenvolvimento da cultura (○) e sem a aplicação de N (●). Eldorado do Sul (RS), 2001.....	54
17. Evolução da produção de massa seca da parte aérea com a aplicação de 40 kg de N.ha ⁻¹ na emergência + 40 kg de N.ha ⁻¹ em cinco diferentes estádios de desenvolvimento da cultura (○) e sem a aplicação de N (●). Eldorado do Sul (RS), 2001	55
18. Evolução do acúmulo de N na parte aérea com a aplicação de 40 kg de N.ha ⁻¹ em seis diferentes estádios de desenvolvimento da cultura (○) e sem a aplicação de N (●). Eldorado do Sul (RS), 2000	61
19. Evolução do acúmulo de N na parte aérea com a aplicação de 80 kg de N.ha ⁻¹ em seis diferentes estádios de desenvolvimento da cultura (○) e sem a aplicação de N (●). Eldorado do Sul (RS), 2000	62

20. Evolução do acúmulo de N na parte aérea com a aplicação de 40 kg de N.ha⁻¹ na emergência + 40 kg de N.ha⁻¹ em cinco diferentes estádios de desenvolvimento da cultura (○) e sem a aplicação de N (●). Eldorado do Sul (RS), 2000 63
21. Evolução do acúmulo de N na parte aérea com a aplicação de 40 kg de N.ha⁻¹ em seis diferentes estádios de desenvolvimento da cultura (○) e sem a aplicação de N (●). Eldorado do Sul (RS), 2001 65
22. Evolução do acúmulo de N na parte aérea com a aplicação de 80 kg de N.ha⁻¹ em cinco diferentes estádios de desenvolvimento da cultura (○) e sem a aplicação de N (●). Eldorado do Sul (RS), 2001 66
23. Evolução do acúmulo de N na parte aérea com a aplicação de 40 kg de N.ha⁻¹ na emergência + 40 kg de N.ha⁻¹ em cinco diferentes estádios de desenvolvimento da cultura (○) e sem a aplicação de N (●). Eldorado do Sul (RS), 2001 67
24. Evolução do número de colmos por metro⁻² em resposta à aplicação única de 40 kg de N.ha⁻¹ em seis estádios de desenvolvimento da cultura. Eldorado do Sul (RS), 2000 71
25. Evolução do número de colmos por metro⁻² em resposta à aplicação única de 80 kg de N.ha⁻¹ em seis estádios de desenvolvimento da cultura. Eldorado do Sul (RS), 2000 72
26. Evolução do número de colmos por metro⁻² em resposta à aplicação de 40 kg de N.ha⁻¹ na emergência + 40 kg de N.ha⁻¹ em cinco diferentes estádios de desenvolvimento da cultura. Eldorado do Sul (RS), 2000..... 73
27. Percentagem de sobrevivência de colmos em função da aplicação de duas doses de N, em seis estádios de desenvolvimento da cevada. Eldorado do Sul (RS), 2000 74

RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
1. Atributos químicos ¹ dos solos de amostras retiradas antes da instalação dos experimentos	19
2. Doses de N (kg.ha ⁻¹) utilizadas nos experimentos em função dos estádios de desenvolvimento da cultura.....	22
3. Percentagem de grãos de primeira classe (>2,5mm) em função da aplicação de duas doses de N em seis (cinco) estádios de desenvolvimento da cevada. Eldorado do Sul, Encruzilhada do Sul e Victor Graeff (RS), 2000.....	46
4. Comparação do coeficiente de regressão linear (b) das equações lineares ajustadas para a evolução de massa seca em resposta à aplicação de duas doses de N em seis estádios de desenvolvimento da cevada. Eldorado do Sul (RS), 2000	51
5. Comparação do coeficiente de regressão linear (b) das equações lineares ajustadas para a evolução de massa seca, em resposta à aplicação de duas doses de N em seis estádios de desenvolvimento da cevada. Eldorado do Sul (RS), 2001	56
6. Rendimento biológico e índice de colheita em função da aplicação de duas doses de N em seis estádios de desenvolvimento da cevada. Eldorado do Sul (RS), 2000	57
7. Rendimento biológico e índice de colheita em função da aplicação de duas doses de N em seis estádios de desenvolvimento da cevada. Eldorado do Sul (RS), 2001	58
8. Estatura e acamamento de planta em Eldorado do Sul, no ano agrícola de 2000 e acamamento de plantas em Victor Graeff, no ano agrícola de 2001, em função da aplicação de duas doses de N em seis estádios de desenvolvimento da cevada.....	60

9. Comparação do coeficiente de regressão linear (b) das equações lineares ajustadas para a evolução de N da parte aérea, em resposta à aplicação de duas doses de N em seis estádios de desenvolvimento da cevada. Eldorado do Sul (RS), 2000 64
10. Comparação do coeficiente de regressão linear (b) das equações lineares ajustadas para a evolução de N da parte aérea, em resposta à aplicação de duas doses de N em seis estádios de desenvolvimento da cevada. Eldorado do Sul (RS), 2001 68
11. Frequência dos quatro primeiros afilhos primários ao final do afilhamento em função da aplicação de duas doses de N em seis estádios de desenvolvimento da cevada. Eldorado do Sul (RS), 2000 76
12. Estádio de desenvolvimento do colmo principal e dos três primeiros afilhos primários ao final do afilhamento em função da aplicação de duas doses de N em seis estádios de desenvolvimento da cevada. Eldorado do Sul (RS), 2000 78