

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

**RENDIMENTO DE GRÃOS E DESEMPENHO ECONÔMICO
DO MILHO EM CINCO NÍVEIS DE MANEJO E TRÊS
ÉPOCAS DE SEMEADURA**

Everton Leonardo Forsthofer
Engenheiro Agrônomo / UFRGS

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

Porto Alegre (RS), Brasil
Maio de 2004

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais

Donato e Nair, por tudo.

AGRADECIMENTOS

- À minha esposa Letícia Schramm Arend, pelo carinho e apoio.
- Aos meus irmãos Alisson e Poliana, pelo apoio.
- Ao mestre Eng. Agr., Ph.D. Paulo Regis Ferreira da Silva pela orientação, companheirismo e, sobretudo, pela amizade.
- Ao grande amigo e incentivador Eng. Agr., Dr. Gilber Argenta pelas contribuições e companheirismo.
- Ao Eng. Agr., Dr. Élbio Treicha Cardoso e ao Eng. Agr., MSc. Lisandro Rambo pelo auxílio, companheirismo e amizade.
- Aos bolsistas de iniciação científica que tanto auxiliaram nas avaliações, em especial ao Mércio Luiz Strieder, Elias Suhre, Adriano Alves da Silva, Leandro Leonardo Teichmann e Paulo César Endrigo.
- Aos professores e funcionários do Departamento de Plantas de Lavoura da Faculdade de Agronomia da UFRGS.
- Aos colegas do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da UFRGS.
- À CAPES pelo apoio financeiro.

RENDIMENTO DE GRÃOS E DESEMPENHO ECONÔMICO DO MILHO EM CINCO NÍVEIS DE MANEJO E TRÊS ÉPOCAS DE SEMEADURA¹

Autor: Everton Leonardo Forsthofer

Orientador: Paulo Regis Ferreira da Silva

RESUMO GERAL

Além dos fatores intrínsecos à planta, as condições climáticas e de manejo dadas à cultura interferem na interceptação da radiação solar, no acúmulo de fotoassimilados e, portanto, no rendimento de grãos. O objetivo deste trabalho foi o de avaliar o desempenho agrônômico e econômico do milho em cinco níveis de manejo e três épocas de semeadura, para melhor uso dos recursos do ambiente. O experimento foi conduzido nos anos agrícolas de 2001/2002 e 2002/2003 na EEA-UFRGS, em Eldorado do Sul-RS. Os tratamentos constaram de cinco níveis de manejo (baixo, médio, alto, potencial I e II) e três épocas de semeadura (agosto, outubro e dezembro). Os níveis de manejo variaram em função de cultivar, arranjo de plantas, adubação, suplementação hídrica e controle de plantas daninhas, pragas e moléstias. O milho respondeu com incrementos no rendimento de grãos aos investimentos realizados na melhoria das práticas de manejo e na adoção de cultivares com maior potencial produtivo, principalmente, nas épocas de semeadura de agosto a outubro. Nos níveis de manejo baixo e médio o rendimento de grãos variou menos em função de época de semeadura. O investimento em manejo resultou em maior retorno econômico nas semeaduras de agosto e, principalmente, outubro. Na semeadura de dezembro não houve retorno econômico ao maior investimento realizado em manejo. Nas épocas de agosto e outubro é possível associar as máximas eficiências técnica e econômica através do incremento do nível de manejo e escolha de cultivar com maior potencial de rendimento.

¹ Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (96 p.) Maio, 2004.

GRAIN YIELD AND ECONOMIC PERFORMANCE OF MAIZE IN FIVE MANAGEMENT LEVELS AND THREE SOWING TIMES¹

Author: Everton Leonardo Forsthofer
Adviser: Paulo Regis Ferreira da Silva

ABSTRACT

Besides the intrinsic factors of the plant, the climatic and management conditions provided to the crop interfere with the interception of solar radiation, the photoassimilate accumulation, therefore, with the grain yield. The objective of this work was to evaluate the agronomic and economic performance of maize in five management levels and three sowing time, aiming to improve the use of the enviromental resources. The experiment was conducted in the sowing seasons of 2001/2002 and 2002/2003 at EEA-UFRGS, Eldorado do Sul-RS. The treatments consisted of five management levels (low, average, high, potential I and II) and three sowing times (August, October and December). The management level varied in relation to the cultivar, plant arrangement, fertilizer, water supply, weeds, insect and disease control. The increments in maize yield in response to the investments in management and cultivar was high from August to October. In the low and average management levels, the grain yield less vary with the sowing time. The investment in management level results in larger economic return in August and October. In the December sowing, there was no economic returns for the highest investment in management level. In August and October it is possible to associate maximum economic and technical efficiency through the increment in the management level and choice to the greater potential yield cultivar.

¹ Master of Science dissertation in Agronomy, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (96 p.) May, 2004.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
3. MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1. Local de execução	13
3.2. Clima e solo	13
3.3. Tratamentos e delineamento experimental	15
3.4. Procedimento experimental	22
3.4.1. Coberturas de solo no inverno	22
3.4.2. Cultura do milho	23
3.5. Determinações realizadas	25
3.5.1. Coberturas de solo no inverno	25
3.5.2. Cultura do milho	25
3.5.2.1. Características associadas ao desenvolvimento da planta de milho	25
3.5.2.2. Componentes do rendimento e rendimento de grãos	27
3.5.2.3. Análise econômica	28
3.5.2.4. Porcentagem de proteína bruta nos grãos	28
3.5.3. Análise estatística	29
4. RESULTADOS	30
4.1. Condições meteorológicas	30
4.1.1. Radiação solar global	30
4.1.2. Temperatura média do ar	31
4.1.3. Disponibilidade hídrica	33
4.1.3.1. Balanço hídrico: semeadura de agosto	34
4.1.3.2. Balanço hídrico: semeadura de outubro	36
4.1.3.3. Balanço hídrico: semeadura de dezembro	38
4.2. Rendimento da massa seca da parte aérea das espécies de cobertura do solo	40

4.3. Características associadas ao desenvolvimento da planta de milho	41
4.3.1. Duração dos subperíodos de desenvolvimento	41
4.3.2. Estatura de planta	43
4.3.3. Índice de colheita	44
4.4. Componentes do rendimento e rendimento de grãos	46
4.4.1. Número de espigas m ⁻²	46
4.4.2. Número de grãos m ⁻²	48
4.4.3. Peso do grão	50
4.4.4. Número potencial de espiguetas m ⁻²	52
4.4.5. Rendimento de grãos	52
4.5. Análise econômica	55
4.6. Proteína bruta nos grãos	57
5. DISCUSSÃO	59
5.1. Características associadas ao desenvolvimento da planta de milho	59
5.2. Componentes do rendimento e rendimento de grãos	62
5.3. Análise econômica	72
5.4. Proteína bruta nos grãos	73
6. CONCLUSÕES	75
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
8. APÊNDICES	83

RELAÇÃO DE TABELAS

1. Laudo da análise de solo da área experimental nos dois anos agrícolas, Eldorado do Sul-RS.	14
2. Caracterização dos níveis de manejo aplicados na cultura do milho, em três épocas de semeadura, Eldorado do Sul-RS, 2001/2002 e 2002/2003.	17
3. Rendimento de matéria seca das coberturas de solo no inverno, em dois anos agrícolas. Eldorado do Sul-RS. ..	40
4. Estatura de planta de milho em cinco níveis de manejo, em três épocas de semeadura, na média de dois anos agrícolas (2001/02 e 2002/03). Eldorado do Sul-RS.	43
5. Índice de colheita de milho em três épocas de semeadura e em dois anos agrícolas, na média de cinco níveis de manejo. Eldorado do Sul-RS.	44
6. Índice de colheita de milho em cinco níveis de manejo, em três épocas de semeadura, na média de dois anos agrícolas (2001/02 e 2002/03). Eldorado do Sul-RS.	45
7. Número de espigas m^{-2} de milho em cinco níveis de manejo, em dois anos agrícolas, na média de três épocas de semeadura. Eldorado do Sul-RS.	47
8. Número de espigas m^{-2} de milho em cinco níveis de manejo, em três épocas de semeadura, na média de dois anos agrícolas(2001/02 e 2002/03). Eldorado do Sul-RS.	48
9. Número de grãos m^{-2} de milho em três épocas de semeadura e em dois anos agrícolas, na média de cinco níveis de manejo. Eldorado do Sul-RS.	49
10. Número de grãos m^{-2} de milho em cinco níveis de manejo, em três épocas de semeadura, na média de dois anos agrícolas (2001/02 e 2002/03). Eldorado do Sul-RS.	49

11. Peso do grão de milho em cinco níveis de manejo e em dois anos agrícolas, na média de três épocas de semeadura. Eldorado do Sul-RS.	50
12. Peso do grão de milho em cinco níveis de manejo, em três épocas de semeadura, na média de dois anos agrícolas (2001/02 e 2002/03). Eldorado do Sul-RS.	51
13. Número potencial de espiguetas m ⁻² de milho em cinco níveis de manejo, na média de três épocas de semeadura e de dois anos agrícolas (2001/02 e 2002/03). Eldorado do Sul-RS.	52
14. Rendimento de grãos de milho em três épocas de semeadura e em dois anos agrícolas, na média de cinco níveis de manejo. Eldorado do Sul-RS.	53
15. Rendimento de grãos de milho em cinco níveis de manejo e em dois anos agrícolas, na média de três épocas de semeadura (2001/02 e 2002/03). Eldorado do Sul-RS.	54
16. Rendimento de grãos de milho em cinco níveis de manejo, em três épocas de semeadura, na média de dois anos agrícolas (2001/02 e 2002/03). Eldorado do Sul-RS.	55
17. Dispêndio, receita bruta e margem bruta relativos à cultura do milho em cinco níveis de manejo, em três épocas de semeadura, na média de dois anos agrícolas (2001/02 e 2002/03). Eldorado do Sul-RS.	56
18. Teor de proteína bruta nos grãos de milho em cinco níveis de manejo, em três épocas de semeadura, na média de dois anos agrícolas (2001/02 e 2002/03). Eldorado do Sul-RS.	58

RELAÇÃO DE FIGURAS

1. Radiação solar global por decêndio relativa aos anos agrícolas 2001/2002 e 2002/2003 e à média do período 1970/1989. Eldorado do Sul-RS.	31
2. Temperatura média do ar por decêndio relativa aos anos agrícolas 2001/2002 e 2002/2003 e à média do período 1970/1989. Eldorado do Sul-RS.	32
3. Balanço hídrico para 75 mm de capacidade de água disponível no solo relativa ao período entre 1970 e 1989. Eldorado do Sul-RS.	34
4. Balanço hídrico para 75 mm de capacidade de água disponível no solo, relativo à época de semeadura de agosto nos anos agrícolas 2001/2002 (A) e 2002/2003 (B). Eldorado do Sul-RS.	35
5. Balanço hídrico para 75 mm de capacidade de água disponível no solo, relativo à época de semeadura de outubro nos anos agrícolas 2001/2002 (A) e 2002/2003 (B). Eldorado do Sul-RS.	37
6. Balanço hídrico para 75 mm de capacidade de água disponível no solo, relativo à época de semeadura de dezembro nos anos agrícolas 2001/2002 (A) e 2002/2003 (B). Eldorado do Sul-RS.	39
7. Duração dos subperíodos de desenvolvimento e do ciclo total das cultivares de milho em cinco níveis de manejo, em três épocas de semeadura, em dois anos agrícolas. Eldorado do Sul-RS.	42

1. INTRODUÇÃO

No estado do Rio Grande do Sul, a cultura do milho apresenta grande importância sócio-econômica, pois na safra 2002/2003 esteve presente em 311.000 propriedades, ocupando 23% do total da área cultivada na primavera-verão (BISOTTO, 2003). A cultura está difundida por todas as regiões do Estado, sendo semeada de julho a janeiro, dependendo da região em que se encontra a lavoura. O milho foi responsável por 28% da safra gaúcha de grãos (2002/2003), sendo 70% da produção foi oriunda de propriedades com área média de cultivo inferior a 3,3 hectares (BISOTTO, 2003).

Apesar desta grande importância na economia do Estado, o rendimento médio de grãos de milho é muito baixo, devido, principalmente, à limitação hídrica que normalmente ocorre no período recomendado de cultivo, ao baixo nível tecnológico empregado pelos agricultores, ao uso de cultivares não adequadas e à escolha inadequada da época de semeadura.

No Rio Grande do Sul, a antecipação e o atraso da época de semeadura do milho são práticas de manejo comumente empregadas pelos agricultores. A antecipação da semeadura é

realizada para evitar a coincidência do período crítico da cultura (floração e enchimento de grãos) com o período mais provável de ocorrência de deficiência hídrica e, assim, minimizar a redução no rendimento de grãos. Por outro lado, o atraso da época de semeadura verifica-se principalmente em pequenas propriedades para que o milho seja cultivado em sucessão a outras culturas de verão, como fumo e feijão, de maior importância econômica para estes produtores.

O estudo de determinação do potencial de rendimento de grãos de milho em diferentes níveis de manejo e épocas de semeadura possibilitará a identificação dos fatores limitantes ao seu cultivo em cada época de semeadura. A partir do conhecimento e da mensuração destes fatores poderão ser traçadas estratégias de manejo que visem minimizar e, até mesmo, superá-los através de recomendações práticas viáveis para cada nível de manejo utilizado. Isto resultaria em incremento no rendimento de grãos e contribuiria para tornar o Estado auto-suficiente na produção deste cereal, otimizando os recursos de ambiente.

Assim sendo, este trabalho teve o objetivo de avaliar o desempenho agrônomo e econômico do milho em cinco níveis de manejo e três épocas de semeadura, para melhor uso dos recursos do ambiente visando o equilíbrio ambiental e a economicidade na produção de grãos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O milho, espécie pertencente à família das *Poáceas* (gramíneas), é originário da América Central. Dentre os cereais, é a cultura que apresenta maior potencial de rendimento de grãos. Além disso, apresenta grande importância econômica, pois é um dos principais componentes das cadeias produtivas avícola e suína, onde se faz presente como matéria-prima para fabricação de rações (BISOTTO, 2001).

Os Estados Unidos são os maiores produtores mundiais, com aproximadamente 38% da produção. O Brasil produziu 47,4 milhões de toneladas na safra 2002/2003, o que representa 8% da produção mundial (ICEPA, 2003), ocupando a terceira posição entre os países produtores, estando atrás de Estados Unidos e China.

Na safra 2002/2003 a produção mundial de milho foi de 601 milhões de toneladas não suprimindo a demanda mundial de 626,8 milhões de toneladas (ICEPA, 2003). Para atender a esta demanda, a área de cultivo no mundo deveria ser aumentada o que é muito difícil de acontecer no contexto atual da agricultura, ou evidencia haver necessidade de se explorar

melhor a produtividade desta cultura.

No Brasil, a produção atual é suficiente para suprir a demanda de milho, gerando um pequeno excedente para ser exportado. Em alguns anos é necessário importar milho para suprir a demanda. Para tornar o País menos dependente de importações, incentiva-se, através de programas governamentais, o cultivo deste cereal fora da época convencional (safrinha) em algumas regiões. Outra forma de aumentar a produção nacional seria mediante o incremento no rendimento de grãos, pois a média nacional de 3,7 t ha⁻¹ em 2003 (ICEPA, 2003) é uma das mais baixas dentre os países maiores produtores do mundo.

O rendimento de grãos de milho obtido no Rio Grande do Sul, na média das últimas seis safras, foi de 3,0 t ha⁻¹ (AGRIANUAL, 2003). Este baixo rendimento é devido, principalmente, ao déficit hídrico que normalmente ocorre nos meses de novembro e dezembro (MATZENAUER et al., 1998). Outro aspecto importante associado a esta baixa produtividade é que, na maioria das pequenas propriedades, o milho é cultivado em sucessão ao feijão e, principalmente, ao fumo, ou seja, fora da época recomendada de cultivo. Além disto, nestas propriedades o nível de manejo empregado pelo agricultor é baixo, contribuindo para obtenção de menores rendimentos de grãos.

Em regiões de clima subtropical, as condições meteorológicas são distintas nas diferentes épocas de semeadura. As variações de temperatura do ar e de radiação solar, principalmente, influenciam a fenologia, o crescimento e o desenvolvimento das plantas de milho (FORSTHOFER et al., 2001).

A temperatura do ar é o elemento meteorológico que melhor explica a duração dos diferentes subperíodos de desenvolvimento do milho, quando o meristema apical se encontra acima da superfície do solo (STONE et al., 1999; LOZADA et al., 1999). Já, quando o meristema apical está abaixo da superfície do solo, a temperatura do solo é o principal fator determinante da taxa de desenvolvimento desta cultura (STONE et al., 1999).

A variação nos fatores ambientais determina a escolha da época de semeadura do milho, sendo a época preferencial aquela que faz coincidir a maior área foliar por planta (espigamento) com os dias mais longos do ano (solstício), quando não há limitação hídrica (SILVA & ARGENTA, 2000). Quando a cultura é semeada “no cedo” (agosto/setembro) ou “no tarde” (dezembro/janeiro), há redução na produção de grãos por planta em relação à semeadura realizada em outubro, sob condições de disponibilidade hídrica não limitante (SILVA et al., 1999). Este decréscimo na produção de grãos por planta está associado aos efeitos que a temperatura do ar e a radiação solar

exercem sobre o desenvolvimento das plantas, afetando, em conseqüência, a formação e a expressão dos componentes do rendimento (SILVA & ARGENTA, 2000). Ao semear o milho mais cedo em relação à época preferencial de semeadura, há redução na taxa de crescimento e aumento na duração dos subperíodos de desenvolvimento, ocorrendo o inverso com a semeadura “no tarde” (NOLDIN, 1985).

Outra condição climática importante a interferir na escolha da época de semeadura e principal responsável pela variabilidade espacial e temporal dos rendimentos de grãos de milho no Rio Grande do Sul é a variação na disponibilidade hídrica. Para planejamento da semeadura, no que se refere ao melhor aproveitamento hídrico quando não se tem sistema de irrigação, é importante conhecer-se a probabilidade de ocorrência de precipitação pluvial numa determinada região e o consumo de água pela planta. Baseados neste princípio, MATZENAUER et al. (2002) definiram três índices para classificação de áreas de risco por deficiência hídrica no Rio Grande do Sul através do consumo relativo de água. Eles constataram que, nas épocas de semeadura de setembro e outubro, há maior risco em relação às de agosto, novembro e dezembro.

Assim sendo, o potencial de rendimento de grãos de milho pode ser maximizado através da escolha correta da época de semeadura, levando-se em conta os índices propostos por

MATZENAUER et al. (2002). A semeadura na melhor época, embora não tenha efeito sobre o custo de produção, certamente contribuirá para potencializar o rendimento de grãos (COELHO et al., 2003).

A máxima manifestação do potencial de rendimento depende de condições favoráveis de ambiente e de manejo adequado do solo e da cultura. O potencial de rendimento reflete a expressão dos fatores que o definem (CO_2 , radiação solar e temperatura), limitam (água e nutrientes) ou reduzem (pragas, moléstias e plantas daninhas) e do nível de intervenção do homem sobre os mesmos (EVANS, 1993). Segundo LOOMIS & WILLIAMS (1963), uma vez otimizados os fatores sob controle do homem, a produtividade máxima depende, principalmente, da taxa de absorção de luz e de assimilação de CO_2 pela cultura.

O limite superior de produtividade da cultura do milho pode ser definido apenas pelo genótipo (rendimento potencial) ou pela interação genótipo-ambiente (potencial de rendimento). O rendimento potencial representa o máximo rendimento que poderia ser obtido pela cultura, considerando-se somente a capacidade genética de cada cultivar. Por outro lado, o potencial de rendimento representa o máximo rendimento que pode ser obtido pela cultura se considerado, além da capacidade genética de cada cultivar, as limitações impostas pelo ambiente.

Assim, o potencial de rendimento das culturas pode ser definido como o rendimento apresentado pelas mesmas quando cultivadas em ambiente ao qual estão adaptadas, sem limitações no suprimento de água e nutrientes e com controle efetivo de insetos, doenças, plantas daninhas, excessos hídricos e de outros estresses bióticos e abióticos (EVANS, 1993). Ele representa a máxima produção do genótipo quando os fatores bióticos e abióticos que impedem a plena expressão de seu potencial genético são minimizados (BARNI, 1995).

Além dos fatores genéticos, a produtividade de uma cultura depende das condições de solo, clima (especialmente a radiação solar) e das práticas de manejo. A utilização da luz é um dos processos mais importante para a produtividade porque é através da fotossíntese que a planta acumula carboidratos em seus tecidos. A quantidade de energia convertida e, portanto, a quantidade de massa seca produzida, depende da percentagem de absorção e da eficiência de utilização da energia absorvida (MELGES et al., 1989).

A quantidade de radiação solar absorvida é um importante fator determinante da produtividade final de uma cultura. Vários estudos têm demonstrado relação linear entre fitomassa produzida e radiação fotossinteticamente ativa absorvida e acumulada para um grande número de espécies (MUCHOW, 2000). Entretanto, deve-se considerar que a conversão da radiação absorvida em massa seca depende das

alterações na fotossíntese em função de radiação, temperatura e da fração do carbono fixado pela fotossíntese que é gasto na respiração (MUNCHOW, 2000).

A influência dos fatores limitantes à produtividade das culturas pode ser melhor compreendida ao se conhecer o potencial de rendimento em cada época de semeadura (BUGBEE & SALISBURY, 1988). As culturas apresentam um potencial máximo de produtividade. No entanto, o ambiente impõe uma série de restrições, fazendo com que, freqüentemente, o rendimento obtido seja menor que o potencial (WEBER, 1968).

O potencial de rendimento caracteriza, portanto, o limite superior de produtividade. Entretanto, por desconsiderar as limitações ambientais representa apenas uma referência teórica do máximo rendimento da cultura. Assim sendo, o limite máximo de rendimento obtido a campo é conseguido quando são minimizados os estresses ambientais, permitindo à planta otimizar o aproveitamento dos recursos disponíveis no local de cultivo, obtendo o máximo potencial de rendimento para um dado local e época de semeadura.

O potencial de rendimento de grãos de milho a ser obtido em cada época de semeadura dependerá, principalmente, de quatro fatores: da quantidade de radiação incidente, da eficiência de interceptação da radiação incidente, da eficiência de conversão da radiação interceptada em biomassa vegetal e da

eficiência de partição de assimilados à estrutura de interesse econômico (ANDRADE, 1995).

Alcançar altos níveis de rendimento com a cultura do milho é uma tarefa teoricamente simples, pois é uma das espécies de importância agrícola que apresenta maior capacidade de utilização da radiação solar para conversão de carbono mineral em carbono orgânico e seu posterior acúmulo nos grãos (SLAFFER & OTEGUI, 2000). Entretanto, para viabilizar altos rendimentos há necessidade de maximizar a duração do período de interceptação da radiação incidente; otimizar a eficiência de uso da radiação interceptada na fotossíntese; distribuir os fotoassimilados produzidos adequadamente, de forma a propiciar um crescimento equilibrado de raízes, folhas, colmos e de estruturas reprodutivas e minimizar os custos respiratórios para manutenção do desenvolvimento vegetativo e reprodutivo (LOOMIS & AMTHOR, 1999). Contudo, a multiplicidade dos fatores que interferem na capacidade assimilatória da planta e na eficiência metabólica dos diferentes processos atuantes sobre o rendimento de grãos, aumenta a complexidade da tarefa de maximizar a sua produtividade (EVANS & FISCHER, 1999).

A quantidade de radiação incidente disponível é um fator que depende principalmente da posição geográfica de cada região produtora, ou seja, de sua latitude e altitude (GARDNER, 1985). Além destes, a época de semeadura da cultura exerce

papel preponderante sobre esta variável. Já a eficiência de interceptação da radiação e de sua conversão e partição em produtos orgânicos estará na dependência de condições climáticas, com destaque para temperatura e disponibilidade hídrica; edáfica, com ênfase à fertilidade, estrutura e textura de solo; e de manejo, destacando-se práticas culturais que interfiram sobre o arranjo de plantas (ARGENTA et al., 2001; SANGOI, 2001).

A investigação dos limites da produtividade contribui para identificar as variáveis do ambiente responsáveis pelo desempenho final da cultura e ressaltar em que nível cada uma delas representa estrangulamento à expressão máxima da produtividade (BARNI et al., 1995). Neste sentido, a determinação do potencial de rendimento de grãos em diferentes épocas de semeadura torna-se ferramenta importante para a tomada de decisões no manejo e no melhoramento do milho, por possibilitar a identificação dos fatores limitantes. Dimensionando-se o impacto dos fatores restritivos ao rendimento, poder-se-á definir estratégias de como superá-los ou minimizá-los através do manejo adequado das condições ambientais ou mediante seleção e melhoramento genético. A combinação destes dois fatores permitirá maximizar a exploração dos recursos de cada ambiente de produção, buscando otimizar a produtividade das espécies de importância agrícola de forma sustentável (SANGOI et al., 2001).

A discrepância que existe atualmente entre os valores obtidos nos ensaios de potencial de rendimento com os verificados em lavouras, demonstra a grande lacuna a superar em termos de produtividade. Essas diferenças podem ser atribuídas, principalmente, aos níveis de investimento (tecnologia) e de manejo adotados e ao ambiente (DUVICK & CASSMAN, 1999; SANGOI et al., 2003), uma vez que a carga genética utilizada é similar nas diferentes situações.

No estado do Rio Grande do Sul, não se encontram nas recomendações técnicas da cultura níveis diferenciados de manejo para serem utilizados pelos agricultores em função de época de semeadura.

Em função do exposto, levantou-se a hipótese de que, no período recomendado de semeadura do milho neste Estado, possam ocorrer diferentes respostas ao nível de manejo empregado, propiciando assim maior racionalidade no uso dos fatores ambientais e de manejo.

Assim, o estudo sobre determinação do potencial de rendimento de grãos em diferentes níveis de manejo e épocas de semeadura possibilitará verificar quais fatores estão limitando o rendimento de grãos para que, num futuro próximo, eles possam ser superados e até mesmo eliminados, possibilitando incrementos significativos no rendimento de grãos obtido pelos agricultores.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local de execução

O experimento foi conduzido a campo em duas estações de crescimento (2001/2002 e 2002/2003), na Estação Experimental Agronômica (EEA) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, localizada no município de Eldorado do Sul, região ecoclimática da Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul, a 30° 04' 25" S de latitude e a 51° 43' 42" W de longitude, com 46 m altitude média (BERGAMASCHI & GUADAGNIN, 1990, BERGAMASCHI et al., 2003).

As determinações laboratoriais em plantas e grãos foram realizadas no laboratório de processamento de amostras do Departamento de Plantas de Lavoura da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em Porto Alegre-RS.

3.2. Clima e solo

O clima da região onde está localizada a EEA/UFRGS, é classificado, segundo Köppen, como subtropical úmido, situado na transição entre os tipos fundamentais cfa₁ (isoterma

anual inferior a 18°C) e cfa_2 (isoterma anual superior a 18°). As temperaturas médias anual, máxima e mínima são de 19,6, 24,3 e 14,8°C, respectivamente (IPAGRO, 1989).

O solo da área experimental pertence à unidade de mapeamento São Jerônimo, sendo classificado como Argissolo Vermelho Distrófico típico (EMBRAPA, 1999).

As amostras de solo foram coletadas em maio de 2001 e em maio de 2002, antecedendo a implantação das espécies de cobertura de solo no inverno. Os resultados das análises constam na Tabela 1.

TABELA 1 – Laudo da análise de solo da área experimental nos dois anos agrícolas, Eldorado do Sul-RS.

Componentes analisados	Anos agrícolas	
	2001/2002	2002/2003
Argila - %	29	34
pH	4.8	5.6
Índice SMP	5.8	6.2
P - mg L ⁻¹	18	7.1
K - mg L ⁻¹	145	122
MO - %	2.0	2.7
Al - cmol (carga) L ⁻¹	0.7	0.0
Ca - cmol (carga) L ⁻¹	8.8	2.7
Mg - cmol (carga) L ⁻¹	4.2	1.6
CTC - cmol (carga) L ⁻¹	17.6	7.6
Saturação da CTC		
V - %	76	61
Al - %	4.0	0.0

A área experimental onde foram locados os experimentos, estava sendo cultivada em sistema de semeadura direta há oito anos. Nas estações de crescimento 1993/1994,

1994/1995, 1995/1996 foi estabelecida a sucessão com aveia preta como cobertura de inverno e milho no verão; nas de 1997/1998, 1998/1999 e 1999/2000 utilizou-se a consorciação aveia preta e ervilhaca comum no inverno e milho no verão; e, nas de 1996/1997 e 2000/2001 foi utilizado o consórcio de aveia preta e ervilhaca comum no inverno e soja no verão.

Os dados meteorológicos referentes à precipitação pluvial, temperaturas máxima e mínima do ar, evapotranspiração e radiação solar global foram obtidos na unidade meteorológica da EEA/UFRGS, em Eldorado do Sul-RS. Estes dados foram utilizados para cálculo dos balanços hídricos relativos aos anos agrícolas 2001/2002 e 2002/2003, conforme metodologia desenvolvida por Thorntwaite & Mather (1955) e citada por BERGAMASCHI et al. (1992) (Figuras 3,4,5 e 6).

A radiação solar global e a temperatura média do ar foram utilizadas para cálculo dos balanços de radiação (Figura 1) e de temperatura do ar (Figura 2) relativos ao período 1970/1989 e aos anos agrícolas 2001/2002 e 2002/2003.

3.3. Tratamentos e delineamento experimental

Nos dois anos de condução do experimento, os tratamentos constaram de três épocas de semeadura e cinco níveis de manejo aplicados na cultura do milho (Tabela 2). As épocas de semeadura corresponderam, respectivamente, à época “do cedo” (agosto), à época intermediária (outubro) e à época

“do tarde” (dezembro), conforme MALUF et al. (2001). Os níveis de manejo variaram em função de espécies de cobertura de solo no inverno, cultivar, níveis utilizados de adubação de base e cobertura, arranjo de plantas, disponibilidade hídrica e controle de plantas daninhas e pragas.

Os níveis de manejo baixo, médio e alto foram fundamentados nas indicações técnicas para a cultura do milho (INDICAÇÕES..., 2001), exceto com relação à adubação, que seguiu a nova proposta de adubação para esta cultura (AMADO et al., 2002). Os níveis de manejo potenciais I e II foram propostos para potencializar o rendimento de grãos.

Dentro de cada nível de manejo, utilizou-se a mesma cultivar nos dois anos de execução do ensaio. No nível de manejo baixo foi utilizada a variedade de polinização aberta Fundacep 35 (F 35), nas três épocas de semeadura. No nível de manejo médio, a cultivar reagente foi a Dekalb 701 (DKB 701), híbrido duplo, de ciclo precoce, também nas três épocas de semeadura. Nos níveis de manejo alto e potenciais I e II foi utilizada a cultivar Pioneer 32R21 (P 32R21), híbrido simples, de ciclo superprecoce, nas épocas “do cedo” e intermediária. Na semeadura “do tarde”, foi utilizada a cultivar Pioneer 30F33 (P 30F33), híbrido simples, de ciclo precoce.

Nas épocas “do cedo” e “do tarde”, as adubações fosfatada e potássica foram 20% e 30% inferiores,

TABELA 2 – Caracterização dos níveis de manejo aplicados na cultura do milho, em três épocas de semeadura, Eldorado do Sul-RS, 2001/2002 e 2002/2003.

Épocas de semeadura	Cultura no inverno	Níveis de manejo	Cultivares	Adubação (kg ha ⁻¹)				Irrigação suplementar	Densidade de plantas ⁴ (pl m ⁻²)	Espaçamento entrelinhas ⁵ (cm)	
				N ¹		P ₂ O ₅ ²	K ₂ O ²				Micro-nutrientes ³
				Base	Cobertura						
Cedo (28/08/01) (26/08/02)	Nabo forrageiro	Baixo	F 35	0	16	20	24	Sem adição	Sem	4,5	80
		Médio	DKB 701	15	17	32	48	Sem adição	Sem	5,5	80
		Alto	P 32R21	15	65	56	80	Sem adição	Com	7,5	80
		Potencial I	P 32R21	15	145	84	120	Com adição	Com	8,5	40
		Potencial II	P 32R21	15	161	93	132	Com adição	Com	11,0	40
Intermediária (16/10/01) (17/10/02)	Ervilhaca comum	Baixo	F 35	0	20	25	30	Sem adição	Sem	4,0	80
		Médio	DKB 701	0	40	40	60	Sem adição	Sem	5,0	80
		Alto	P 32R21	0	100	70	100	Sem adição	Com	7,0	80
		Potencial I	P 32R21	0	200	105	150	Com adição	Com	8,0	40
		Potencial II	P 32R21	0	220	116	165	Com adição	Com	10,0	40
Tarde (17/12/01) (16/12/02)	Aveia preta	Baixo	F 35	20	20	18	21	Sem adição	Sem	4,0	80
		Médio	DKB 701	30	30	28	42	Sem adição	Sem	5,0	80
		Alto	P 30F33	30	70	49	70	Sem adição	Com	7,0	80
		Potencial I	P 30F33	30	150	74	105	Com adição	Com	8,0	40
		Potencial II	P 30F33	30	168	82	116	Com adição	Com	10,0	40

¹A adubação nitrogenada utilizada nos níveis baixo, médio e alto foi baseada em AMADO et al. (2002). Considerou-se as expectativas de rendimento de 3-6, 6-9 e >9 t ha⁻¹, respectivamente, para os níveis baixo, médio e alto. Nos níveis potenciais I e II a proposta visou potencializar o rendimento de grãos.

²As adubações fosfatada e potássica utilizadas nos níveis baixo, médio e alto foram de acordo com INDICAÇÕES..., (2001). As doses de P e K basearam-se no valor de reposição dentro da expectativa de rendimento. Nos níveis potenciais I e II a adubação proposta visou potencializar o rendimento de grãos.

³Nos níveis potenciais foram aplicados os micronutrientes óxido de zinco, molibdênio e boro, nas doses de 125, 5 e 1 g por 100 kg de sementes e, também, via foliar quando as plantas de milho apresentavam 7-8 folhas completamente expandidas.

⁴As densidades de plantas utilizadas nos níveis baixo, médio e alto basearam-se no nível de manejo, na expectativa de rendimento de grãos e no desenvolvimento vegetativo das plantas; e dos demais níveis, em função de resultados de experimentos (ARGENTA et al., 2001).

⁵O espaçamento entrelinhas utilizado nos níveis baixo, médio e alto baseou-se nas INDICAÇÕES..., (2001) e os dos demais níveis em resultados de experimentos (ARGENTA et al., 2001).

respectivamente à da época intermediária. Esta redução deveu-se aos menores potenciais de rendimento de grãos esperados nestas épocas em relação ao da época intermediária. Toda a quantidade de fósforo e de potássio foi aplicada por ocasião da semeadura do milho, exceto nos dois níveis de manejo potenciais em que o potássio foi parcelado em duas doses iguais, aplicadas na semeadura e no estágio de seis a sete folhas completamente expandidas.

A adubação nitrogenada variou em função da espécie utilizada como cobertura do solo no inverno e dos níveis de manejo propostos. Na época “do cedo”, em sucessão ao nabo forrageiro, foram aplicados 15 kg ha^{-1} de N na semeadura do milho e o restante em cobertura, exceto no nível de manejo baixo, em que não se aplicou N na semeadura. Na época intermediária, em sucessão à ervilhaca comum, não se realizou adubação nitrogenada na base, somente em cobertura. A razão disto está relacionada à grande contribuição de N desta espécie para o milho devido à baixa relação C/N de seus resíduos (AMADO et al., 2002). Já, na semeadura “do tarde”, em sucessão à aveia preta, foram aplicados 30 kg ha^{-1} de N na semeadura, com exceção do nível de manejo baixo em que se aplicou 20 kg ha^{-1} de N na semeadura e o restante em cobertura. Nos níveis de manejo baixo e médio, a aplicação de N em cobertura foi realizada em uma única vez, no estágio de seis

a sete folhas completamente expandidas. No nível de manejo alto, a aplicação de N em cobertura foi realizada em duas parcelas iguais, nos estádios de três a quatro e de sete a oito folhas completamente expandidas. Nos níveis de manejo potenciais I e II, a adubação foi realizada em quatro parcelas iguais, nos estádios de três a quatro, seis a sete, 10 a 11 folhas completamente expandidas e no emborrachamento. Nos dois níveis de manejo potenciais aplicou-se micronutrientes por ocasião da semeadura do milho, junto com o tratamento de sementes. Aplicou-se, por via foliar, as doses de 187, 7,5 e 2 g ha⁻¹, respectivamente, de óxido de zinco, molibdênio e boro no estádio de oito a nove folhas completamente expandidas.

Nos níveis de manejo baixo, médio e alto, o espaçamento entre linhas foi de 0,8 m, enquanto nos níveis potenciais I e II foi de 0,4 m. Esta redução do espaçamento entre linhas nos sistemas com maior nível de manejo deveu-se ao fato de que esta técnica resulta em aumento do rendimento de grãos para esta cultivar (ARGENTA et al., 2001). Na semeadura “do cedo”, em todos os níveis de manejo, a densidade de plantas foi 10% superior à das demais épocas, devido ao menor desenvolvimento vegetativo das plantas nesta época (NOLDIN, 1985, FORSTHOFER et al., 2004).

A irrigação suplementar foi utilizada somente nos níveis

de manejo alto e potenciais I e II. Os níveis de manejo baixo e médio não receberam suplementação hídrica.

Em todos os níveis de manejo, o controle de plantas daninhas foi realizado em pós-emergência precoce, com utilização da mistura formulada atrazine + simazine ($1500 + 1500 \text{ g ha}^{-1}$). No entanto, nos níveis de manejo alto e potenciais I e II, no ano agrícola de 2001/2002, fez-se uma segunda aplicação destes mesmos herbicidas em decorrência de reinfestação de plantas daninhas. Para as aplicações utilizou-se um pulverizador mecanizado de barra, bicos leques, ângulo 110° , série 03, com pressão de 40 libras pol^{-2} e volume de aplicação de 250 L de calda ha^{-1} .

No nível de manejo baixo não foi realizado tratamento de sementes de milho. Já nos níveis de manejo médio e alto, tratou-se as sementes com thiodiocarb ($7 \text{ g i.a. ha}^{-1} \text{ kg de semente}^{-1}$) para prevenir a infestação de pragas cortadoras de plantas e, nos dois níveis de manejo potenciais, com thiodiocarb ($6 \text{ g i.a. ha}^{-1} \text{ kg de semente}^{-1}$) mais os micronutrientes, óxido de zinco ($5 \text{ g i.a. ha}^{-1} \text{ kg de semente}^{-1}$), molibdênio ($20 \text{ g i.a. ha}^{-1} \text{ kg de semente}^{-1}$) e boro ($4 \text{ g i.a. ha}^{-1} \text{ kg de semente}^{-1}$).

No primeiro ano de condução do experimento, nos níveis de manejo baixo e médio não foi realizado controle da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*). Já nos níveis alto e potenciais I

e II foi realizado controle com uma aplicação de chlorpirifos (192 g i.a. ha⁻¹) e uma de lambdacihalotrina (7,5 g i.a. ha⁻¹) nas épocas de semeadura de agosto e dezembro. Na época de semeadura de outubro houve necessidade de mais uma aplicação de chlorpirifos (192 g i.a. ha⁻¹). No segundo ano de condução do experimento (2002/2003) controlou-se a lagarta-do-cartucho com uma aplicação de chlorpirifos (192 g i.a. ha⁻¹) nos níveis de manejo baixo e médio. Nos demais níveis de manejo foi realizado controle com uma aplicação de chlorpirifos (192 g i.a. ha⁻¹) e duas de lambdacihalotrina (7,5 g i.a. ha⁻¹), nas três épocas de semeadura. Nos dois níveis de manejo potenciais (I e II), foi aplicado o inseticida triclorfon (170 g i.a. ha⁻¹) quando da exteriorização dos estigmas da espiga nos dois anos de condução do experimento, visando o controle preventivo da lagarta-da-espiga (*Helicoverpa zea*).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, dispostos em parcelas subdivididas, com quatro repetições. As épocas de semeadura foram locadas nas parcelas principais e os níveis de manejo nas subparcelas.

3.4. Procedimento experimental

3.4.1. Coberturas de solo no inverno

A cultura do milho foi implantada em sistema de semeadura direta em sucessão ao nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), na época “do cedo”, à ervilhaca comum (*Vicia sativa*), na época intermediária, e à aveia preta (*Avena strigosa*) na época “do tarde”. A escolha das espécies de cobertura, nas respectivas épocas de semeadura, deveu-se em função do ciclo de desenvolvimento da espécie de cobertura, sempre tendo como enfoque o sistema de produção.

A semeadura das espécies de cobertura do solo foi realizada em 13/05/2001 e em 05/06/2002, em sistema de semeadura direta, com espaçamento entre linhas de 0,18 metro. As quantidades de sementes de aveia preta, ervilhaca comum e de nabo forrageiro corresponderam a 100, 80 e 12 kg ha⁻¹, respectivamente, em ambos os anos agrícolas. As sementes de ervilhaca comum foram inoculadas, na dose de 200 g de inoculante por 20 kg de sementes. As três espécies de cobertura de inverno não foram adubadas na sua implantação. Em cobertura, foram aplicados 30 kg ha⁻¹ de N nas culturas de aveia preta e nabo forrageiro, aos 20 dias após a emergência, em ambos os anos de condução do experimento. Já, a ervilhaca comum não recebeu adubação nitrogenada em cobertura.

Para a semeadura de agosto, em ambos os anos de condução do experimento, foi passado um rolo-faca sobre a cultura de inverno (nabo forrageiro) quando 50% das plantas estavam em plena floração, fazendo-se coincidir esta prática de manejo com o dia da semeadura do milho. Na época intermediária, não foi realizada nenhuma prática de manejo na cultura de cobertura (ervilhaca comum) antes da semeadura do milho. Já na semeadura “do tarde”, a aveia preta foi dessecada quando 50% das plantas estavam em pleno florescimento, utilizando-se o herbicida glyphosate (540 g ha^{-1}), no volume de 100 L ha^{-1} de calda, aproximadamente 30 dias antes da semeadura do milho.

3.4.2. Cultura do milho

A adubação foi realizada na linha, por ocasião de cada época de semeadura, de acordo com os níveis de manejo propostos (Tabela 2). Foram utilizados a uréia, o superfosfato triplo e o cloreto de potássio como fontes de nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente.

Realizou-se a semeadura do milho manualmente (saraquá), nas datas descritas na Tabela 2, colocando-se duas a três sementes por cova. Quando as plantas tinham três a quatro folhas completamente expandidas, foi efetuado desbaste, ajustando-se o

número de plantas às densidades estabelecidas nos diferentes níveis de manejo (Tabela 2).

As subparcelas constaram de sete e de 12 linhas com 5 m de comprimento, correspondendo, respectivamente, aos espaçamentos entrelinhas de 0,8 e 0,4 m, sendo deixado uma linha em cada extremidade como bordadura. O rendimento de grãos e seus componentes foram determinados em uma área útil de 9,6 m². Foram colhidas as linhas de número quatro a seis (três linhas) nas subparcelas com espaçamento de 0,8 m e as de número seis a onze (seis linhas) no espaçamento de 0,4 m, deixando-se 0,5 m de bordadura em cada extremidade. As demais determinações foram realizadas nas linhas restantes.

A necessidade de irrigação do milho foi estimada pela instalação de seis tensiômetros na área experimental, sendo três na profundidade de 0,2 m e três na de 0,4 m. A irrigação foi realizada quando o potencial de água no solo a 0,2 m de profundidade era inferior a $-0,04$ MPa (DOOREMBOS & PRUITT, 1976). O sistema de irrigação utilizado foi o de aspersão, na vazão de 10 mm hora⁻¹.

A colheita das espigas de milho foi manual, sendo a separação dos grãos do sabugo realizada através do uso de debulhadora estacionária acoplada a trator.

3.5. Determinações realizadas

3.5.1. Coberturas de solo no inverno

As avaliações de rendimento de matéria seca da parte aérea do nabo forrageiro e da aveia preta foram realizadas no estágio de plena floração, no dia da rolagem e/ou dessecação destas espécies em cada época. O rendimento de matéria seca da ervilhaca comum foi avaliado no dia da semeadura do milho. Para tanto, foram coletadas quatro amostras de 0,25 m² da parte aérea das plantas, colocadas em estufa a 60°C até atingir peso constante. Por regra de três simples, as produções de matéria seca das amostras foram extrapoladas para um hectare.

3.5.2. Cultura do milho

As determinações realizadas foram divididas em quatro grupos distintos: características associadas ao desenvolvimento da planta, aos componentes do rendimento e rendimento de grãos, análise econômica e teor de proteína nos grãos.

3.5.2.1. Características associadas ao desenvolvimento da planta

A duração dos subperíodos de desenvolvimento foi determinada da seguinte maneira:

- semeadura – emergência: número de dias decorridos entre a semeadura e a emergência de 75% das plântulas;
- emergência-pendoamento: número de dias decorridos entre emergência e pendoamento de 75% das plantas;
- pendoamento-espigamento: número de dias decorridos entre pendoamento e espigamento de 75% das plantas;
- espigamento-maturação fisiológica: número de dias decorridos entre espigamento e aparecimento da camada preta na base dos grãos em 75% das plantas.

O estágio de maturação fisiológica foi determinado através da amostragem de quatro espigas por subparcela. Considerou-se atingida a maturação fisiológica quando 75 % das espigas (três espigas) apresentavam as células da placenta-chalaza escurecidas, evidenciando aparecimento da camada preta (THORNE, 1985). Para tanto, foram tomadas amostras de 15 grãos da parte central da espiga, a partir de 45 dias após o espigamento, em intervalos de 4 dias.

A estatura de planta foi determinada no estágio de espigamento em cinco plantas por subparcela, considerando-se a distância entre o colo da planta (superfície do solo) e o ápice do pendão. O índice de colheita foi obtido pela razão entre matéria seca dos grãos e matéria seca total da parte aérea de cinco plantas (massa de grãos + massa vegetativa) da área útil da subparcela.

3.5.2.2. Componentes do rendimento e rendimento de grãos

O número de espigas m^{-2} foi obtido pela razão entre número de espigas colhidas na área útil da subparcela e número de plantas existentes, multiplicado pela densidade de plantas. Já o número de grãos m^{-2} foi determinado através da contagem manual dos grãos de cinco espigas por subparcela e o número médio de grãos das cinco espigas multiplicado pela densidade de plantas. Utilizou-se a determinação de número de espigas e de grãos por área, porque deste modo a densidade de plantas é considerada. O peso do grão foi obtido pela contagem manual de 400 grãos, pesagem, correção da umidade para 13% e divisão do resultado por 400.

Foi determinado o número potencial de espiguetas m^{-2} no estágio de emborrachamento (HANWAY, 1966, RITCHIE & HANWAY, 1993), através da contagem do número de espiguetas na espiga superior de três plantas por subparcela.

O rendimento de grãos de milho foi obtido através da extrapolação da produção colhida na área útil de 9,6 m^2 por subparcela para um hectare, considerando-se a umidade padrão de 13%.

3.5.2.3. Análise econômica

A análise econômica foi baseada na metodologia utilizada pela FECOAGRO (MINETTO, 2001). Foi utilizada a margem bruta para avaliar o retorno econômico da cultura, pois no total do dispêndio não foram consideradas as remunerações à terra, às construções e às instalações e os juros sobre desembolso. Nos custos de hora máquina ha^{-1} foram incluídas a depreciação e a remuneração ao capital. Os valores para irrigação foram embasados em MINETTO (2001), para conjunto moto-bomba elétrica, com 200 m de canos plásticos, aspersores a cada 12 m e vazão de 10 mm ha^{-1} . Os valores dos insumos e de preços de máquinas e implementos foram tomados como referência em 01 de julho de 2002 e em 01 de julho de 2003, através de levantamento junto aos departamentos técnicos das cooperativas e pontos de venda pré-determinados do Estado do Rio Grande do Sul. Para cálculo da receita bruta considerou-se R\$ 13,50 o valor do saco de 60 kg de milho em 01 de julho de 2002 e R\$ 15,00 o valor do saco em 01 de julho de 2003.

3.5.2.4. Porcentagem de proteína nos grãos

O teor de proteína nos grãos foi determinado pela conversão simples do teor de nitrogênio nos grãos, avaliado conforme metodologia proposta por TEDESCO et al. (1995), em

teor de proteína, através da multiplicação do teor de nitrogênio por 6,257.

3.5.3. Análise estatística

Realizou-se a análise de variância dos dados para todas as determinações efetuadas, com exceção da análise econômica. Quando significativo, as médias foram comparadas através do teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

Primeiro analisou-se os anos de condução do experimento individualmente e, após, de forma conjunta, considerando sempre a época de semeadura como fator aleatório, pois desta forma existe somente um resíduo (erro), aumentando os graus de liberdade.

4. RESULTADOS

4.1. Condições meteorológicas

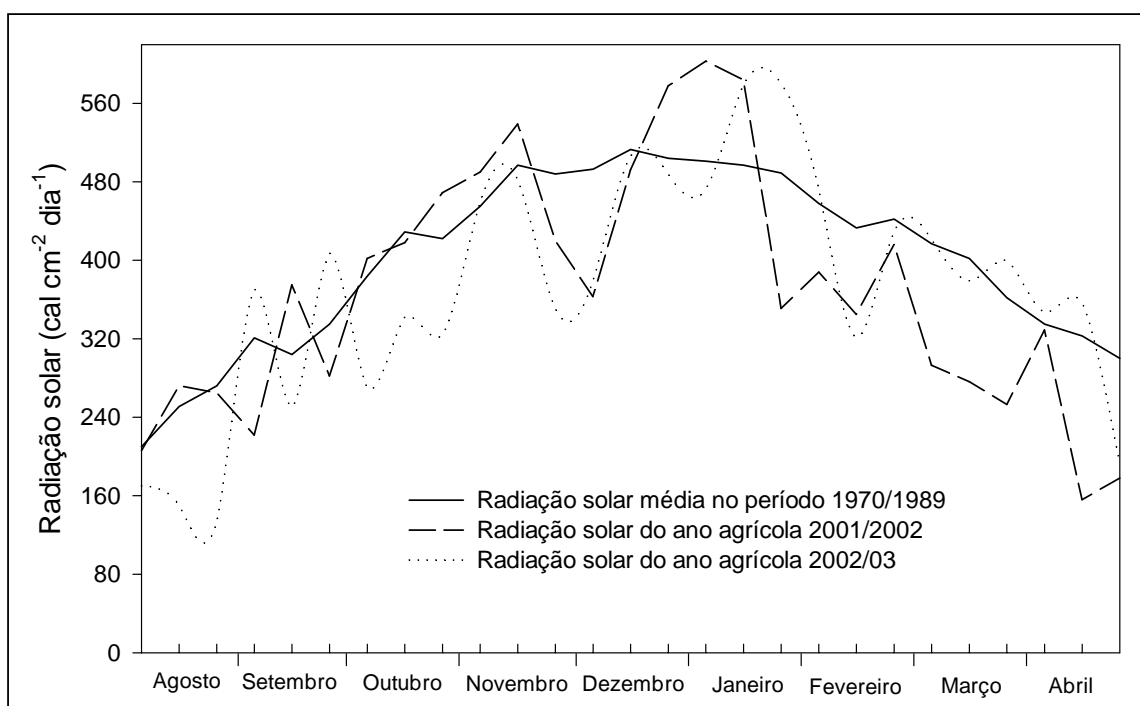
4.1.1. Radiação solar global

Na média dos anos de 1970 a 1989 (BERGAMASCHI & GUADAGNIN, 1990), a radiação solar global no período compreendido entre os meses de outubro a março é superior a $450 \text{ cal cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, atingindo os maiores valores no segundo decêndio de dezembro (Figura 1).

No ano agrícola 2001/2002, a máxima radiação solar diária coincidiu com o segundo decêndio de dezembro de 2001, com valor máximo de, aproximadamente, $600 \text{ cal cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ (Figura 1). Já no ano agrícola 2002/2003 verificou-se que a máxima radiação solar diária ocorreu no terceiro decêndio de dezembro de 2002 e no primeiro decêndio de janeiro de 2003, com valores próximos de $560 \text{ cal cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$.

Comparando-se os dois anos agrícolas em que se conduziu o experimento, constata-se que no período compreendido entre outubro e dezembro, a radiação solar (diária) foi maior no ano

agrícola 2001/2002 em relação a do ano 2002/2003 (Figura 1). Já entre os meses de janeiro e abril verifica-se que a radiação solar (diária) foi superior no segundo ano de condução do experimento quando comparada com o primeiro ano.



Fonte: Dados do Setor de Agrometeorologia-UFRGS.

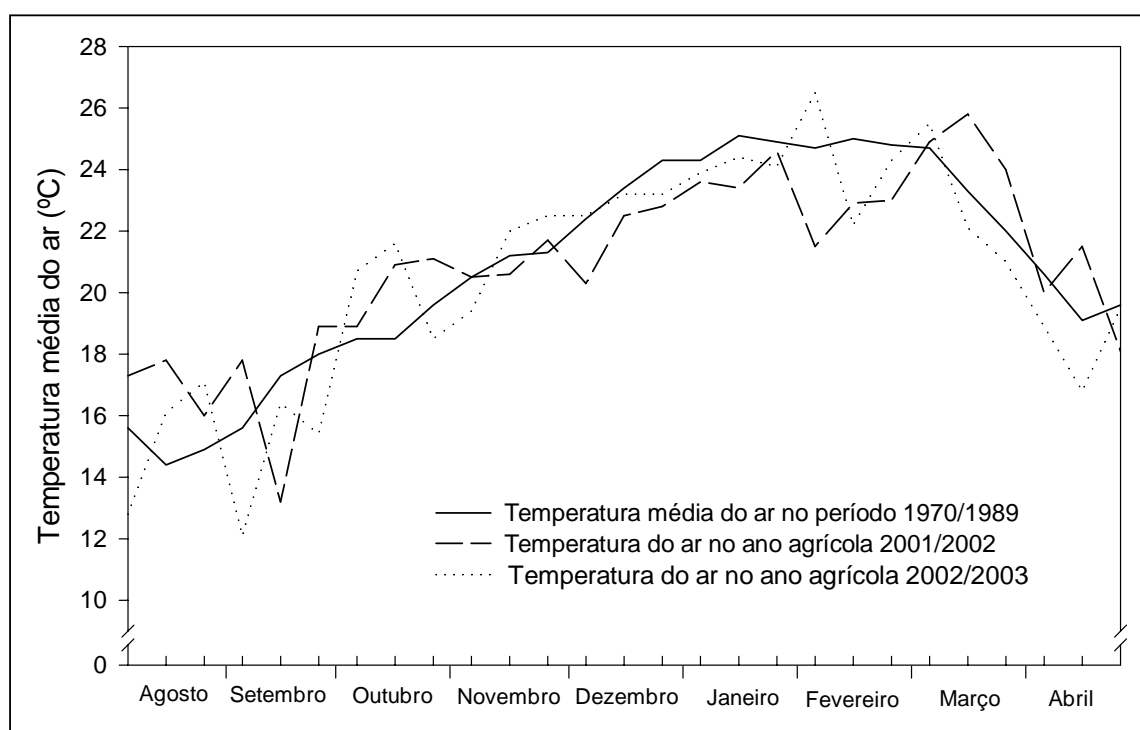
Figura 1- Radiação solar global por decêndio relativa aos anos agrícolas 2001/2002 e 2002/2003 e à média do período 1970/1989. Eldorado do Sul-RS.

4.1.2. Temperatura média do ar

A temperatura média diária do ar correspondente à média de 20 anos (1970 a 1989) (BERGAMASCHI & GUADAGNIN, 1990), é superior a 20°C no período compreendido entre os meses de novembro e março (Figura 2). As máximas temperaturas médias

diárias são verificadas nos meses de janeiro e fevereiro, com valores próximos a 25°C.

No primeiro ano de condução do experimento (2001/2002), a temperatura média do ar (diária) foi superior a 20°C no período compreendido entre o segundo decêndio de outubro de 2001 e o segundo decêndio de abril de 2002 (Figura 2).



Fonte: Dados do Setor de Agrometeorologia-UFRGS.

Figura 2- Temperatura média do ar por decêndio relativa aos anos agrícolas 2001/2002 e 2002/2003 e à média do período 1970/1989. Eldorado do Sul-RS.

As máximas temperaturas médias diárias, em torno de 25°C, ocorreram no segundo decêndio de março de 2002. Já no ano agrícola 2002/2003, as temperaturas médias diárias do ar foram

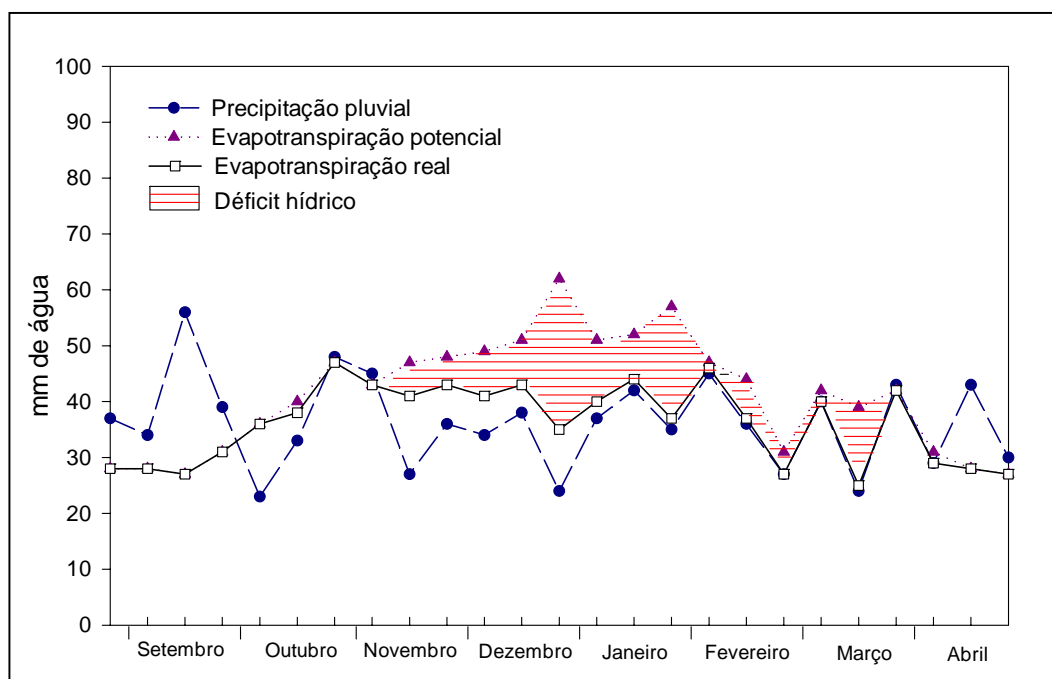
superiores a 20°C no período compreendido entre o primeiro decêndio de outubro de 2002 e o segundo decêndio de março de 2003 e as máximas temperaturas médias foram registradas no terceiro decêndio de janeiro de 2003.

4.1.3. Disponibilidade hídrica

O balanço hídrico correspondente à estação de crescimento do milho na EEA/UFRGS (BERGAMASCHI & GUADAGNIN, 1990), relativo ao período compreendido entre os anos 1970 a 1989 é visualizado na Figura 3.

Verifica-se período de déficit hídrico do primeiro decêndio de novembro ao terceiro decêndio de março. O período de maior intensidade de deficiência hídrica ocorre nos meses de dezembro e janeiro, que coincide justamente com o estágio de espigamento do milho semeado em outubro.

A seguir serão apresentados os balanços hídricos correspondentes aos dois anos de condução do experimento por época de semeadura.

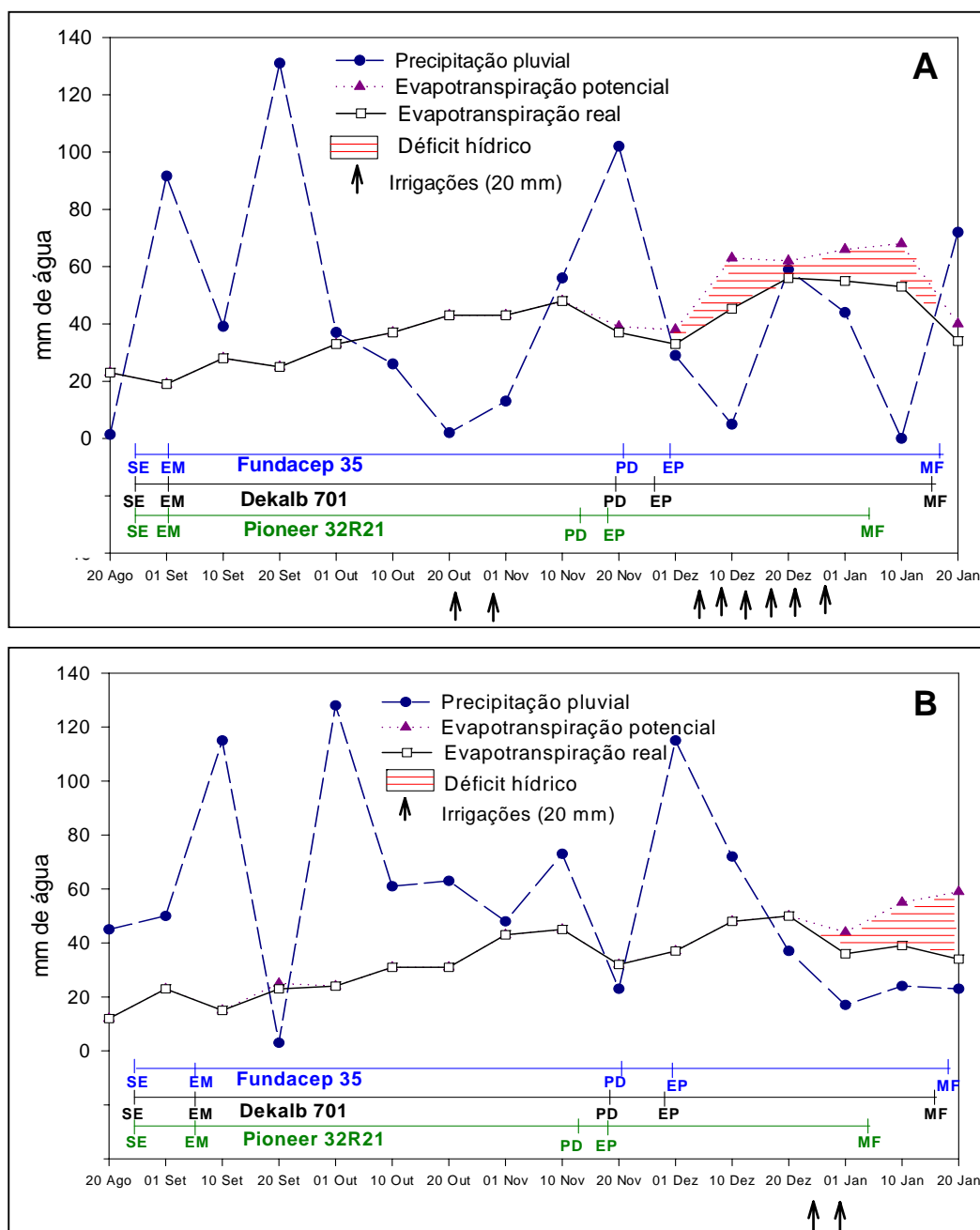


Fonte: Dados do Setor de Agrometeorologia-UFRGS.

Figura 3- Balanço hídrico para 75 mm de capacidade de água disponível no solo, relativo ao período entre 1970 e 1989. Eldorado do Sul-RS.

4.1.3.1. Balanço hídrico: semeadura de agosto

Nos balanços hídricos relativos aos anos agrícolas 2001/2002 (Figura 4A) e 2002/2003 (Figura 4B) constata-se que, em ambos os anos, a deficiência hídrica coincidiu com o período de enchimento de grãos das três cultivares de milho semeadas na época de agosto. Nos dois anos de condução do experimento, os níveis de manejo alto e potenciais I e II receberam suplementação hídrica no período de enchimento de grãos e, no primeiro ano, irrigou-se também no mês de outubro para suprir as necessidades da cultura (Figura 4A e B).



Fonte: Dados do Setor de Agrometeorologia-UFRGS.

Legenda: SE = semeadura; EM = emergência; PD = pendoamento; EP = espigamento; MF = maturação fisiológica.

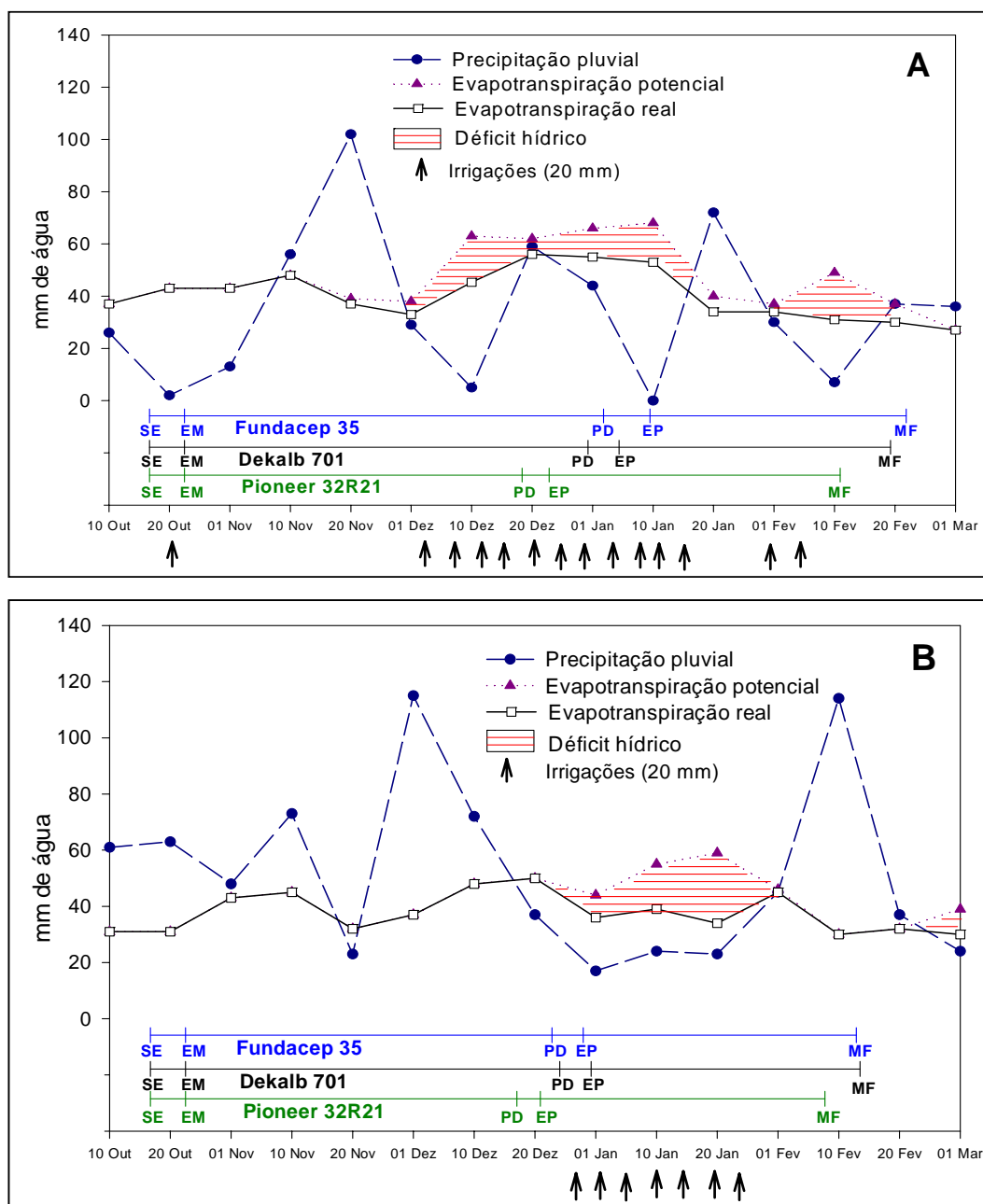
Figura 4- Balanço hídrico para 75 mm de capacidade de água disponível no solo, relativo à época de semeadura de agosto nos anos agrícolas 2001/2002 (A) e 2002/2003 (B). Eldorado do Sul-RS.

4.1.3.2. Balanço hídrico: semeadura de outubro

Os balanços hídricos correspondentes à época de semeadura de outubro relativos aos anos agrícolas 2001/2002 e 2002/2003 são visualizados, respectivamente, na Figura 5A e 5B. No primeiro ano de condução do experimento, verificam-se dois períodos de déficit hídrico, um entre o primeiro decêndio de dezembro ao segundo decêndio de janeiro e outro entre o primeiro e o terceiro decêndios de fevereiro (Figura 5A). Ocorreram períodos de deficiência hídrica nos estádios de diferenciação das estruturas reprodutivas, nos florescimentos masculino e feminino e durante grande parte do enchimento de grãos.

No segundo ano de condução do experimento, constata-se um período de deficiência hídrica do terceiro decêndio de dezembro ao primeiro decêndio de fevereiro (Figura 5B).

Para as cultivares F35 e DKB 701, utilizadas nos níveis de manejo baixo e médio, respectivamente, o período de deficiência hídrica coincidiu com praticamente todo o período reprodutivo nos dois anos agrícolas. Nos níveis de manejo alto e potenciais I e II fez-se suplementação hídrica nos dois anos de condução do experimento.



Fonte: Dados do Setor de Agrometeorologia-UFRGS.

Legenda: SE = semeadura; EM = emergência; PD = pendoamento; EP = espigamento; MF = maturação fisiológica.

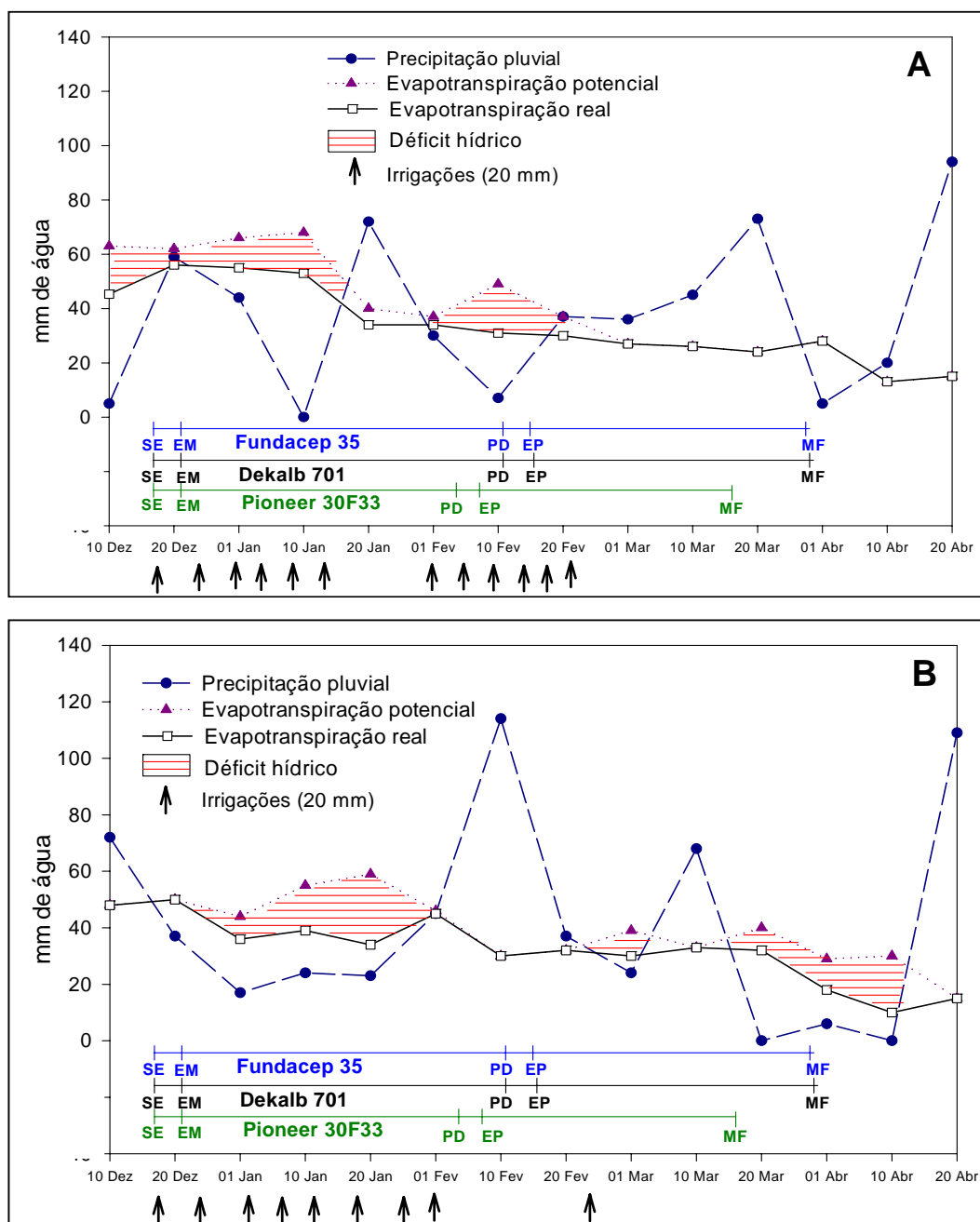
Figura 5- Balanço hídrico para 75 mm de capacidade de água disponível no solo, relativo à época de semeadura de outubro nos anos agrícolas 2001/2002 (A) e 2002/2003 (B). Eldorado do Sul-RS.

4.1.3.3. Balanço hídrico: semeadura de dezembro

Os balanços hídricos correspondentes à época de semeadura de dezembro nos dois anos agrícolas são visualizados na Figura 6A e 6B. No ano agrícola 2001/2002 verificam-se dois períodos de deficiência hídrica. O primeiro coincidiu com os estádios iniciais de desenvolvimento do milho e o segundo período com os florescimentos masculino e feminino (Figura 6A).

No ano agrícola 2002/2003, constata-se três períodos de deficiência hídrica. O primeiro ocorreu nos estádios iniciais de desenvolvimento da planta e o segundo e terceiro períodos de déficit hídrico coincidiram com o subperíodo de enchimento de grãos (Figura 6B).

Nos dois anos agrícolas, a cultivar P30F33, que foi utilizada na época de dezembro nos níveis de manejo alto e potenciais (I e II), recebeu suplementação hídrica quando os tensiômetros indicaram necessidade.



Fonte: Dados do Setor de Agrometeorologia-UFRGS.

Legenda: SE = semeadura; EM = emergência; PD = pendoamento; EP = espigamento; MF = maturação fisiológica.

Figura 6- Balanço hídrico para 75 mm de capacidade de água disponível no solo, relativo à época de semeadura de dezembro nos anos agrícolas 2001/2002 (A) e 2002/2003 (B). Eldorado do Sul-RS.

4.2. Rendimento de matéria seca da parte aérea das coberturas de solo no inverno

O rendimento de matéria seca da parte aérea das espécies de cobertura de solo no inverno foi superior no ano agrícola 2001/2002, em relação ao obtido no ano agrícola 2002/2003, na média das três espécies de cobertura do solo no inverno (Tabela 3).

Tabela 3 – Rendimento de matéria seca das coberturas de solo no inverno, em dois anos agrícolas. Eldorado do Sul-RS.

Época de semeadura	Coberturas de solo no inverno	Anos agrícolas		Média
		2001/2002	2002/2003	
		--- t ha ⁻¹ ---		
Agosto	Nabo forrageiro	5,1	4,7	4,9
Outubro	Ervilhaca comum	3,6	3,3	3,5
Dezembro	Aveia preta	4,7	4,2	4,5

Na comparação entre espécies de cobertura do solo no inverno, verificou-se que, na média dos dois anos agrícolas, o rendimento de matéria seca da parte aérea do nabo forrageiro foi 40% e 9% superior ao da ervilhaca comum e da aveia preta, respectivamente.

Verifica-se que todas as produções de matéria seca das espécies de cobertura do solo são consideradas como altas produções pela classificação existente em AMADO et al. (2002).

4.3. Características associadas ao desenvolvimento da planta de milho

4.3.1. Duração dos subperíodos de desenvolvimento

À medida que se atrasou a época de semeadura de agosto para dezembro, reduziu-se a duração dos subperíodos e do ciclo total do milho (Figura 7).

A duração dos subperíodos de desenvolvimento variou em função do nível de manejo (Figura 7). As diferenças entre níveis foram verificadas somente quando foram utilizadas cultivares diferentes. Entre os níveis alto e potenciais I e II não houve diferença quanto à duração dos subperíodos, pois para estes níveis a cultivar reagente utilizada foi a mesma (Tabela 2).

Ano agrícola	Época de semeadura	Nível de manejo ¹	Duração dos subperíodos de desenvolvimento (dias) ³					Ciclo Total E-MF (dias)
			S	E	PD	ES	MF	
2001/02	Agosto	Baixo	8	73	7	57	137	
		Médio	8	75	8	55	138	
		Alto, Pot. I e II	8	69	6	51	126	
	Outubro	Baixo	6	63	7	55	125	
		Médio	6	60	7	55	122	
		Alto, Pot. I e II	6	53	4	50	107	
	Dezembro	Baixo	5	52	5	51	108	
		Médio	5	53	5	53	111	
		Alto, Pot. I e II	5	47	4	49	100	

2002/03	Agosto	Baixo	14	70	6	58	134	
		Médio	14	71	6	55	132	
		Alto, Pot. I e II	14	64	5	50	119	
	Outubro	Baixo	5	61	4	53	118	
		Médio	5	59	5	52	116	
		Alto, Pot. I e II	5	51	4	49	104	
	Dezembro	Baixo	5	52	4	53	109	
		Médio	5	54	4	56	114	
		Alto, Pot. I e II	5	46	4	52	102	

¹Conforme caracterização da Tabela 2.

²Nos níveis de manejo alto e nos dois potenciais, na semeadura do tarde foi utilizado o híbrido P30F33.

³S= semeadura; E= emergência; PD= pendoamento; ES= espigamento; MF= maturação fisiológica.

Figura 7 - Duração dos subperíodos de desenvolvimento e do ciclo total das cultivares de milho em cinco níveis de manejo, em três épocas de semeadura, em dois anos agrícolas. Eldorado do Sul-RS.

4.3.2. Estatura de planta

Na análise conjunta dos dois anos, apenas foi significativa a interação entre época de semeadura e nível de manejo para estatura de planta (Apêndice 1). A análise de variância e a análise estatística individual dos dados obtidos nos dois anos agrícolas podem ser visualizadas nos Apêndices 2 e 3, respectivamente.

A estatura de planta foi maior nas épocas de semeadura de outubro e dezembro em relação a de agosto, exceto no nível de manejo baixo, em que na época de semeadura de dezembro a estatura de planta foi inferior à verificada em outubro (Tabela 4).

Tabela 4 – Estatura de planta de milho em cinco níveis de manejo, em três épocas de semeadura, na média de dois anos agrícolas (2001/02 e 2002/03). Eldorado do Sul-RS.

Níveis de manejo ¹	Épocas de semeadura		
	Agosto	Outubro	Dezembro
	--- cm ---		
Baixo	C 168 b*	A 245 b	B 233 c
Médio	B 161 b	A 230 c	A 226 c
Alto	B 208 a	A 258 a	A 251 b
Potencial I	B 211 a	A 260 a	A 266 a
Potencial II	B 210 a	A 262 a	A 263 a

*Médias antecedidas pela mesma letra maiúscula na linha (comparação entre épocas) e seguidas pela mesma letra minúscula na coluna (comparação entre níveis) não diferem entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

¹Conforme caracterização da Tabela 2.

Quando foram comparados os níveis de manejo dentro de cada época de semeadura, constata-se que a estatura de

planta foi maior nos níveis alto e potenciais I e II em relação à registrada nos níveis de manejo baixo e médio (Tabela 4).

4.3.3. Índice de colheita

Na análise conjunta dos dois anos agrícolas, foram significativas as interações duplas entre os fatores ano agrícola e época de semeadura e entre época de semeadura e nível de manejo (Apêndice 1). A análise de variância e a análise individual dos dados obtidos nos dois anos agrícolas podem ser visualizadas nos Apêndices 2 e 4, respectivamente.

Ao se comparar os dois anos de condução do experimento, constata-se que, com exceção da época de semeadura de outubro, o índice de colheita no ano agrícola 2001/2002 foi superior ao obtido no ano agrícola 2002/2003 (Tabela 5).

Tabela 5 – Índice de colheita de milho em três épocas de semeadura e em dois anos agrícolas, na média de cinco níveis de manejo. Eldorado do Sul-RS.

Ano agrícola	Épocas de semeadura		
	Agosto	Outubro	Dezembro
2001/2002	A 0,53 a*	A 0,52 a	A 0,55 a
2002/2003	B 0,46 b	A 0,54 a	B 0,45 b

*Médias antecedidas pela mesma letra maiúscula na linha (comparação entre épocas) e seguidas pela mesma letra minúscula na coluna (comparação entre anos) não diferem entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

No ano agrícola 2001/2002, o índice de colheita não variou entre época de semeadura. Já no segundo ano, obteve-se

maior índice de colheita na semeadura de outubro em relação a de agosto e dezembro (Tabela 5).

A análise conjunta dos dois anos evidenciou que os maiores índices de colheita foram obtidos na semeadura realizada em outubro, com exceção dos níveis com maior manejo em agosto e dos níveis com menor manejo em dezembro, que apresentaram índices de colheita similares aos de outubro (Tabela 6). Constata-se, também, que nas épocas de semeadura de agosto e outubro, os maiores índices de colheita foram verificados nos níveis com maior manejo. Na época de semeadura de dezembro, o índice de colheita relativo ao nível de manejo baixo foi inferior ao obtido nos demais níveis.

Tabela 6 – Índice de colheita de milho em cinco níveis de manejo, em três épocas de semeadura, na média de dois anos agrícolas (2001/02 e 2002/03). Eldorado do Sul-RS.

Níveis de manejo ¹	Épocas de semeadura		
	Agosto	Outubro	Dezembro
Baixo	B 0,43 b*	A 0,50 b	AB 0,47 b
Médio	B 0,42 b	A 0,51 b	A 0,50 a
Alto	A 0,54 a	A 0,56 a	B 0,49 a
Potencial I	A 0,55 a	A 0,55 a	B 0,50 a
Potencial II	A 0,55 a	A 0,54 a	B 0,51 a

*Médias antecedidas pela mesma letra maiúscula na linha (comparação entre épocas) e seguidas pela mesma letra minúscula na coluna (comparação entre níveis) não diferem entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade

¹Conforme caracterização da Tabela 2.

4.4. Componentes do rendimento e rendimento de grãos

A análise de variância destas variáveis encontra-se no Apêndice 2. Já a análise estatística completa individualizada de cada item avaliado encontram-se nos Apêndices 5,6,7,8 e 9.

4.4.1. Número de espigas m^{-2}

Na análise conjunta dos dois anos agrícolas foram significativas as interações duplas entre os fatores ano agrícola e nível de manejo e entre época de semeadura e nível de manejo (Apêndice 1).

Ao se comparar o número de espigas m^{-2} em cada nível de manejo, na média das três épocas de semeadura, constata-se que, nos níveis de manejo baixo e médio, que não receberam suplementação hídrica, o número de espigas m^{-2} foi maior no ano agrícola 2001/2002, em relação ao obtido em 2002/2003 (Tabela 7). Nos níveis de manejo que receberam suplementação hídrica (alto, potencial I e II), o número de espigas m^{-2} não variou entre os anos, exceto no nível potencial I em que este componente foi maior no ano 2002/2003.

Na média das três épocas de semeadura, verifica-se que, em ambos os anos agrícolas, houve incremento no número de espigas m^{-2} com a melhoria do nível de manejo (Tabela 7).

Tabela 7 – Número de espigas m^{-2} de milho em cinco níveis de manejo, em dois anos agrícolas, na média de três épocas de semeadura. Eldorado do Sul-RS.

Níveis de manejo ¹	Anos agrícolas	
	2001/2002	2002/2003
Baixo	A 4,1 e*	B 3,8 e
Médio	A 5,0 d	B 4,6 d
Alto	A 6,9 c	A 7,1 c
Potencial I	B 7,9 b	A 8,2 b
Potencial II	A 10,1 a	A 10,3 a

*Médias antecedidas pela mesma letra maiúscula na linha (comparação entre anos) e seguidas pela mesma letra minúscula na coluna (comparação entre níveis) não diferem entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

¹Conforme caracterização da Tabela 2.

A análise conjunta dos dois anos evidenciou que o número de espigas m^{-2} no nível de manejo baixo foi similar entre as épocas de semeadura (Tabela 8). Já no nível de manejo médio, o número de espigas foi maior na época dezembro, sendo que não se diferenciou da semeadura de agosto. Nos níveis de manejo que receberam suplementação hídrica, o número de espigas não variou entre épocas de semeadura, exceto no nível potencial II em que o número de espigas da época de agosto foi superior ao das outras épocas.

Nas três épocas de semeadura, o número de espigas m^{-2} aumentou com o incremento do nível de manejo (Tabela 8).

Tabela 8 – Número de espigas m^{-2} de milho em cinco níveis de manejo, em três épocas de semeadura, na média de dois anos agrícolas (2001/02 e 2002/03). Eldorado do Sul-RS.

Níveis de manejo ¹	Épocas de semeadura		
	Agosto	Outubro	Dezembro
Baixo	A 4,1 d*	A 3,7 d	A 3,9 e
Médio	AB 4,8 d	B 4,5 d	A 5,1 d
Alto	A 7,1 c	A 6,8 c	A 7,1 c
Potencial I	A 8,2 b	A 7,9 b	A 8,1 b
Potencial II	A 10,8 a	B 9,8 a	B 10,0 a

*Médias antecedidas pela mesma letra maiúscula na linha (comparação entre épocas) e seguidas pela mesma letra minúscula na coluna (comparação entre níveis) não diferem entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

¹Conforme caracterização da Tabela 2.

4.4.2. Número de grãos m^{-2}

Na análise conjunta dos dois anos agrícolas foram significativas as interações duplas entre os fatores ano agrícola e época de semeadura e entre época de semeadura e nível de manejo (Apêndice 1).

No ano agrícola 2001/2002, obteve-se maior número de grãos por m^2 na época de semeadura de outubro, sendo 18% e 19% superior aos obtidos nas épocas de agosto e dezembro, respectivamente, na média de cinco níveis de manejo (Tabela 9). Já no segundo ano, obteve-se menor número de grãos m^{-2} na época de semeadura de agosto em relação às semeaduras de outubro e dezembro. Ao se comparar os anos de condução do experimento, constata-se que o número de grãos m^{-2} no primeiro ano foi superior ao obtido no segundo ano (Tabela 9).

Tabela 9 – Número de grãos m^{-2} de milho em três épocas de semeadura e em dois anos agrícolas, na média de cinco níveis de manejo. Eldorado do Sul-RS.

Ano agrícola	Épocas de semeadura		
	Agosto	Outubro	Dezembro
2001/2002	B 3208 a*	A 3931 a	B 3181 a
2002/2003	B 2410 b	A 2732 b	A 2763 b

*Médias antecedidas pela mesma letra maiúscula na linha (comparação entre épocas) e seguidas pela mesma letra minúscula na coluna (comparação entre anos) não diferem entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

A análise conjunta dos dois anos evidenciou que, no nível de manejo baixo o número de grãos m^{-2} não diferiu entre épocas de semeadura (Tabela 10). No nível de manejo médio, verificou-se menor número de grãos na época de outubro em relação às de agosto e dezembro. Nos níveis de manejo alto e potenciais I e II, que receberam suplementação hídrica, o número de grãos m^{-2} foi potencializado na época de semeadura de outubro.

Tabela 10 – Número de grãos m^{-2} de milho em cinco níveis de manejo, em três épocas de semeadura, na média de dois anos agrícolas (2001/02 e 2002/03). Eldorado do Sul-RS.

Níveis de manejo ¹	Épocas de semeadura		
	Agosto	Outubro	Dezembro
Baixo	A 1765 c*	A 1491 c	A 1505 d
Médio	A 2167 c	B 1751 c	A 2369 c
Alto	B 2840 b	A 4233 b	B 3157 b
Potencial I	B 3152 b	A 4274 b	B 3501 b
Potencial II	B 4121 a	A 4908 a	B 4332 a

*Médias antecedidas pela mesma letra maiúscula na linha (comparação entre épocas) e seguidas pela mesma letra minúscula na coluna (comparação entre níveis) não diferem entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

¹Conforme caracterização da Tabela 2.

4.4.3. Peso do grão

Na análise conjunta dos dois anos agrícolas foram significativas as interações entre os fatores ano agrícola e nível de manejo e entre época de semeadura e nível de manejo (Apêndice 1).

O peso do grão não variou entre os anos, exceto no nível de manejo alto em que o peso do grão foi superior no primeiro ano (Tabela 11).

Na comparação entre níveis de manejo, verifica-se que, no ano 2001/2002, o peso do grão foi superior nos níveis de manejo baixo e potenciais I e II em relação aos obtidos nos níveis de manejo médio e alto (Tabela 11). Já no segundo ano, constata-se maior peso do grão no nível de manejo baixo e menor peso do grão no nível de manejo alto.

Tabela 11 – Peso do grão de milho em cinco níveis de manejo e em dois anos agrícolas, na média de três épocas de semeadura. Eldorado do Sul-RS.

Níveis de manejo ¹	Anos agrícolas	
	2001/2002	2002/2003
	--- mg ---	
Baixo	A 297 ab*	A 314 a
Médio	A 288 b	A 297 b
Alto	A 287 b	B 264 c
Potencial I	A 309 a	A 293 b
Potencial II	A 302 ab	A 288 b

*Médias antecedidas pela mesma letra maiúscula na linha (comparação entre anos) e seguidas pela mesma letra minúscula na coluna (comparação entre níveis) não diferem entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

¹Conforme caracterização da Tabela 2.

A análise conjunta dos dois anos evidenciou que, o peso do grão foi superior nos níveis de manejo baixo e médio na época de outubro, no nível alto na semeadura de agosto e nos níveis potenciais I e II nas épocas de semeadura de agosto e outubro (Tabela 12). Nos níveis de manejo alto e os dois potenciais, verifica-se que à medida que foi atrasada a semeadura, o peso do grão decresceu.

Na época de semeadura de agosto, no nível de manejo alto e nos potenciais I e II, que receberam suplementação hídrica, foi obtido maior peso do grão em relação aos verificados nos níveis de manejo baixo e médio, que não receberam suplementação hídrica (Tabela 12).

Tabela 12 – Peso do grão de milho em cinco níveis de manejo, em três épocas de semeadura, na média de dois anos agrícolas (2001/02 e 2002/03). Eldorado do Sul-RS.

Níveis de manejo ¹	Épocas de semeadura		
	Agosto	Outubro	Dezembro
		--- mg ---	
Baixo	B 281 b*	A 348 a	B 287 a
Médio	B 284 b	A 323 a	B 270 a
Alto	A 308 a	B 270 b	C 248 b
Potencial I	A 327 a	A 312 ab	B 262 a
Potencial II	A 322 a	A 322 a	B 241 b

*Médias antecedidas pela mesma letra maiúscula na linha (comparação entre épocas) e seguidas pela mesma letra minúscula na coluna (comparação entre níveis) não diferem entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

¹Conforme caracterização da Tabela 2.

Na semeadura de outubro, o peso do grão no nível de manejo alto foi inferior aos obtidos nos demais níveis (Tabela

12). Já na semeadura de dezembro, constata-se que o peso do grão foi maior nos níveis de manejo baixo, médio e potencial I em relação aos níveis alto e potencial II.

4.4.4. Número potencial de espiguetas m^{-2}

Na análise conjunta dos dois anos agrícolas, foi significativo o efeito simples do fator nível de manejo (Apêndice 1). Com a elevação do nível de manejo de baixo para potencial II o número de espiguetas m^{-2} incrementou em 216%, na média das três épocas de semeadura (Tabela 13).

Tabela 13 – Número potencial de espiguetas m^{-2} de milho em cinco níveis de manejo, na média de três épocas de semeadura e de dois anos agrícolas (2001/02 e 2002/03). Eldorado do Sul-RS.

Níveis de manejo ¹	Número de espiguetas m^{-2}
Baixo	2726 e*
Médio	3636 d
Alto	6012 c
Potencial I	6827 b
Potencial II	8613 a

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

¹Conforme caracterização da Tabela 2.

4.4.5. Rendimento de grãos

Na análise conjunta dos dois anos agrícolas, foram significativas as interações duplas entre os fatores ano agrícola e época de semeadura, entre ano agrícola e nível de manejo e entre época de semeadura e nível de manejo (Apêndice 1). No ano agrícola 2001/2002, o rendimento de grãos foi maior na

época de semeadura de outubro em relação ao das épocas de agosto e dezembro, na média dos cinco níveis de manejo (Tabela 14). Já no segundo ano, não houve diferença significativa entre épocas de semeadura. Ao se comparar os dois anos de condução do experimento na média de cinco níveis de manejo, constata-se que, somente na época de outubro, o rendimento de grãos obtido no segundo ano foi inferior ao do primeiro ano. Nas épocas de agosto e dezembro não houve diferença significativa entre anos (Tabela 14)

Tabela 14 – Rendimento de grãos de milho em três épocas de semeadura e em dois anos agrícolas, na média de cinco níveis de manejo. Eldorado do Sul-RS.

Ano agrícola	Épocas de semeadura		
	Agosto	Outubro	Dezembro
		--- t ha ⁻¹ ---	
2001/2002	B 7,10 a*	A 10,60 a	B 7,68 a
2002/2003	A 7,87 a	A 7,87 b	A 6,88 a

*Médias antecedidas pela mesma letra maiúscula na linha (comparação entre épocas) e seguidas pela mesma letra minúscula na coluna (comparação entre anos) não diferem entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

Nos dois níveis potenciais (I e II), o rendimento de grãos foi maior no ano agrícola 2001/2002 em relação ao de 2002/2003 (Tabela 15). Nos níveis de manejo baixo, médio e alto, o rendimento de grãos não variou entre anos agrícolas.

Na média das três épocas de semeadura, constata-se que, em ambos os anos agrícolas, houve incremento no rendimento de grãos com a melhoria do manejo até o nível potencial I (Tabela 15). Os maiores investimentos de manejo

feitos no nível potencial II não resultaram em incrementos no rendimento de grãos em relação ao nível potencial I.

Tabela 15 – Rendimento de grãos de milho em cinco níveis de manejo e em dois anos agrícolas, na média de três épocas de semeadura (2001/02 e 2002/03). Eldorado do Sul-RS.

Níveis de manejo ¹	Anos agrícolas	
	2001/2002	2002/2003
	--- t ha ⁻¹ ---	
Baixo	A 4,37 c*	A 4,66 c
Médio	A 5,40 c	A 5,43 c
Alto	A 8,60 b	A 7,82 b
Potencial I	A 11,92 a	B 9,42 a
Potencial II	A 12,00 a	B 10,38 a

*Médias antecedidas pela mesma letra maiúscula na linha (comparação entre anos) e seguidas pela mesma letra minúscula na coluna (comparação entre níveis) não diferem entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

¹Conforme caracterização da Tabela 2.

A análise conjunta dos dois anos evidenciou que, no nível de manejo baixo, o rendimento de grãos não variou entre épocas de semeadura (Tabela 16). Já no nível de manejo médio, o rendimento de grãos obtido na época de outubro foi inferior ao de dezembro e não diferiu do obtido em agosto. Nos níveis alto e nos dois potenciais o rendimento de grãos foi maior em outubro em relação ao das épocas de agosto e dezembro, que não diferiram entre si (Tabela 16).

Nas três épocas de semeadura, o rendimento de grãos aumentou com o incremento do nível de manejo até o nível potencial I, que não se diferenciou do obtido no nível potencial II (Tabela 16). A maior diferença entre os níveis de manejo

baixo e potencial I para rendimento de grãos foi observada na época de outubro com variação de 214%, seguida pela época de dezembro com 121% e a de agosto com 112%.

Tabela 16 – Rendimento de grãos de milho em cinco níveis de manejo, em três épocas de semeadura, na média de dois anos agrícolas (2001/02 e 2002/03). Eldorado do Sul-RS.

Níveis de manejo ¹	Épocas de semeadura								
	Agosto		Outubro		Dezembro				
	--- t ha ⁻¹ ---								
Baixo	A	4,84	c*	A	4,38	c	A	4,33	d
Médio	AB	5,62	bc	B	4,57	c	A	6,07	c
Alto	B	6,95	b	A	10,02	b	B	7,66	bc
Potencial I	B	9,79	a	A	13,45	a	B	8,77	ab
Potencial II	B	10,24	a	A	13,77	a	B	9,57	a

*Médias antecedidas pela mesma letra maiúscula na linha (comparação entre épocas) e seguidas pela mesma letra minúscula na coluna (comparação entre níveis) não diferem entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

¹Conforme caracterização da Tabela 2.

4.5. Análise econômica

A seguir serão apresentados os dados relativos ao dispêndio, à receita bruta e à margem bruta da cultura do milho na média dos dois anos agrícolas. Os dados individuais por ano relativos ao dispêndio, à receita bruta e à margem bruta encontram-se, respectivamente nos Apêndices 10, 11 e 12.

Na média dos dois anos, o dispêndio efetuado durante o cultivo do milho incrementou em 266%, 328% e 296% à medida que foi melhorado o nível de manejo de baixo para potencial II, respectivamente nas épocas de agosto, outubro e dezembro (Tabela 17).

Tabela 17 – Dispêndio, receita bruta e margem bruta relativos à cultura do milho em cinco níveis de manejo, em três épocas de semeadura, na média de dois anos agrícolas (2001/02 e 2002/03). Eldorado do Sul-RS.

Níveis de manejo ¹	Épocas de semeadura		
	Agosto	Outubro	Dezembro
Dispêndio (R\$ ha⁻¹)			
Baixo	400	432	440
Médio	543	600	591
Alto	1066	1394	1215
Potencial I	1350	1725	1668
Potencial II	1464	1851	1745
Receita bruta (R\$ ha⁻¹)			
Baixo	1166	1028	1026
Médio	1456	1073	1441
Alto	1652	2363	1817
Potencial I	2466	3164	2075
Potencial II	2430	3251	2264
Margem bruta (R\$ ha⁻¹)			
Baixo	766	596	586
Médio	912	473	850
Alto	585	968	602
Potencial I	1115	1438	407
Potencial II	966	1400	519

¹Conforme caracterização da Tabela 2.

A receita bruta obtida com a cultura do milho incrementou até o nível de manejo potencial I, na semeadura de agosto, e até o nível de manejo potencial II nas semeaduras de outubro e dezembro (Tabela 17). No nível de manejo baixo, a receita bruta foi maior na semeadura de agosto em relação à obtida nas épocas de outubro e dezembro. Já no nível de manejo médio, a receita bruta foi maior nas semeaduras de agosto e dezembro em relação a de outubro. Nos níveis de manejo alto e potenciais I e II foi obtida maior receita bruta na semeadura de outubro em relação às de agosto e dezembro (Tabela 17).

Nas épocas de semeadura de agosto e outubro houve incremento na margem bruta até o nível de manejo potencial I (Tabela 17). Já na época de semeadura de dezembro, a margem bruta incrementou somente até o nível de manejo médio. A margem bruta obtida nos níveis de manejo baixo e médio foi 36% e 26% inferior na semeadura de outubro em relação às de agosto e dezembro, respectivamente. Já a margem bruta, média dos níveis de manejo alto, potencial I e II, foi 30% e 60% superior na semeadura de outubro em relação a das épocas de agosto e dezembro, respectivamente.

4.6. Proteína bruta nos grãos

Na média dos dois anos agrícolas, foi significativa a interação entre época de semeadura e nível de manejo (Apêndice 1). A análise de variância e a análise estatística individual dos dados obtidos nos dois anos agrícolas podem ser visualizadas nos Apêndices 2 e 15, respectivamente.

Na análise conjunta dos dois anos agrícolas, obteve-se maior teor de proteína nos grãos na época de semeadura de dezembro, exceto nos níveis de manejo alto e potencial II na semeadura de outubro, que foram similares aos de dezembro (Tabela 18).

Tabela 18 – Teor de proteína bruta nos grãos de milho em cinco níveis de manejo, em três épocas de semeadura, na média de dois anos agrícolas (2001/02 e 2002/03). Eldorado do Sul-RS.

Níveis de manejo ¹	Épocas de semeadura		
	Agosto	Outubro	Dezembro
		--- % ---	
Baixo	C 7,1 a*	B 8,0 a	A 8,6 a
Médio	B 7,3 a	B 7,6 b	A 8,1 b
Alto	C 6,6 b	AB 7,1 c	A 7,5 c
Potencial I	B 7,1 a	B 7,5 b	A 8,2 ab
Potencial II	B 6,9 ab	A 8,1 a	A 7,8 b

*Médias antecedidas pela mesma letra maiúscula na linha (comparação de épocas) e seguidas pela mesma letra minúscula na coluna (comparação de níveis) não diferem entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade

¹Conforme caracterização da Tabela 2.

O teor de proteína nos grãos variou em função do nível de manejo. Nas três épocas de semeadura, obteve-se menor teor de proteína bruta nos grãos de milho no nível de manejo alto (Tabela 18).

5. DISCUSSÃO

5.1. Características associadas ao desenvolvimento da planta de milho

A duração dos subperíodos de desenvolvimento diminuiu, especialmente no período vegetativo, à medida que a semeadura foi atrasada de agosto para dezembro, independente da cultivar utilizada (Figura 7). Isto se deve ao aumento da temperatura do solo e do ar com o atraso da época de semeadura. Quando o meristema apical está abaixo da superfície do solo, a temperatura do solo é quem governa o desenvolvimento da planta (STONE et al., 1999) e, quando está acima da superfície do solo, a temperatura do ar é quem determina a duração dos subperíodos de desenvolvimento em híbridos considerados insensíveis a fotoperíodo (LOZADA et al., 1999; STONE et al., 1999). Conforme BERLATO et al. (1984), para cada 1°C de aumento da temperatura do solo ocorre redução de meio dia na duração do subperíodo semeadura-emergência.

O ciclo total de desenvolvimento do milho da semeadura à maturação fisiológica variou com a época de

semeadura (Figura 7). Ao semear o milho antes da época preferencial, há redução na taxa de crescimento e aumento na duração dos subperíodos de desenvolvimento, ocorrendo o contrário na semeadura no tarde (NOLDIN, 1985), devido ao incremento na temperatura do ar à medida que a semeadura é atrasada (Figura 2).

A duração do subperíodo semeadura-espigamento apresentou redução de 25% a 50% com o atraso da semeadura de agosto para dezembro (Figura 7). Conforme STONE et al. (1999), para cada 1°C de elevação na temperatura do ar há redução de cinco a seis dias na duração deste período. Já a duração do subperíodo espigamento-maturação fisiológica foi reduzida em, no máximo, 5% com o atraso da semeadura. Conforme STONE et al. (1999) e LOZADA et al. (1999), a duração do subperíodo semeadura-espigamento apresenta relação linear com temperatura do solo e/ou ar. Já a duração do subperíodo espigamento-maturação fisiológica apresenta baixa correlação com temperatura do ar (LOZADA et al., 1999).

Na semeadura de agosto, a estatura de planta foi sempre inferior à verificada nas épocas de outubro e dezembro, na média dos dois anos agrícolas (Tabela 4). Isto se deve à menor taxa de crescimento proporcionada pela menor temperatura do ar nesta época em relação à taxa das demais (NOLDIN, 1985).

Nos níveis que receberam suplementação hídrica (alto e potenciais I e II), as plantas apresentaram maior estatura em

relação às dos níveis que não receberam suplementação hídrica (baixo e médio) (Tabela 4). A variação de estatura de planta entre níveis de manejo deve-se, em grande parte, às diferenças existentes entre as cultivares utilizadas. Nos níveis alto e potenciais I e II, onde se utilizou a mesma cultivar, não houve diferença em estatura de planta. Além do aspecto cultivar, a menor estatura de planta verificada nos níveis de manejo que não receberam suplementação hídrica (baixo e médio), pode ser explicada pelo menor acúmulo de fotoassimilados e, por conseqüência, menor crescimento da planta em virtude da menor disponibilidade hídrica e de nutrientes, especialmente (ANDRADE et al., 2002).

O índice de colheita obtido no primeiro ano foi superior ao do segundo ano (Tabela 5), porque a radiação solar foi maior (Figura 1) e a temperatura do ar foi ligeiramente inferior no primeiro ano de condução do experimento, o que possibilitou maior acúmulo de carboidratos (Figura 2). Geralmente, os maiores índices de colheita foram verificados na época de semeadura de outubro, na média dos cinco níveis de manejo. Isto se deve, principalmente, ao maior número de grãos produzidos na época de outubro (Tabela 10), o que incrementou a produção de grãos por planta, devido às condições mais favoráveis de radiação solar e temperatura do ar desta época, desde que não ocorra déficit hídrico (MATZENAUER et al., 2002).

Os maiores índices de colheita foram obtidos nos níveis alto e potenciais I e II, que receberam suplementação hídrica. Nestes três níveis foi utilizada a mesma cultivar, um híbrido simples que apresenta maior relação entre número de grãos produzidos por planta e taxa de crescimento (ECHARTE et al., 2000). Já o maior índice de colheita verificado nos níveis de manejo baixo e médio na semeadura do tarde pode estar associado à mudança da cultivar nos níveis alto e potenciais I e II em relação à utilizada nas épocas de outubro e dezembro. Observa-se também que no nível de manejo baixo, na semeadura “do tarde” o número de grãos não diferiu do obtido na época de outubro (Tabela 10). Além disto, a estatura de planta foi menor na semeadura de dezembro em relação à de outubro (Tabela 4). Já no nível de manejo médio, na semeadura de dezembro, o número de grãos foi maior daquele obtido em outubro e a estatura de planta não diferiu.

5.2. Componentes do rendimento e rendimento de grãos

O rendimento de grãos de milho é o produto dos componentes do rendimento que, por sua vez, são influenciados pela cultivar utilizada, pelos fatores ambientais e pelo nível de manejo empregado. Assim sendo, o rendimento de grãos será discutido como um processo que foi sendo construído pela planta ao longo do seu ciclo de desenvolvimento.

Os fatores preponderantes das diferenças de rendimento de grãos verificadas entre épocas de semeadura foram, principalmente, as variações nas disponibilidades de radiação solar global, temperatura do ar (NOLDIN, 1985) e de precipitação pluvial (MATZENAUER et al., 2002) que influenciaram os componentes do rendimento de grãos.

A variação no rendimento de grãos em função do nível de manejo resultou das diferenças de cultivar e de manejo utilizadas entre os níveis (densidade de plantas, espaçamento entre linhas, quantidade e época de aplicação da adubação de base e de cobertura, suplementação hídrica, controle de plantas daninhas e pragas) e das condições climáticas (disponibilidade hídrica, radiação solar e temperatura do ar). Os fatores de ambiente influenciaram de forma diferente o rendimento de grãos de cada cultivar, devido, principalmente, às diferenças de ciclo (soma térmica) das cultivares utilizadas no experimento.

O primeiro componente do rendimento de grãos a ser definido é o número de espigas m^{-2} , o qual está diretamente associado à densidade de plantas. Nos dois anos agrícolas, à medida que se elevou o nível de manejo, o número de espigas m^{-2} aumentou (Tabelas 7 e 8). Isto se deve, principalmente, ao incremento na densidade de plantas de acordo com a cultivar e o nível de manejo utilizado (COELHO et al., 2003) e a maior eficiência técnica do híbrido simples de milho em relação ao

híbrido duplo e a variedade de polinização aberta (ECHARTE et al., 2000).

O segundo componente a ser definido é o número de grãos por m^{-2} . Segundo ANDRADE et al. (1999) e DIDONET et al. (2002), o número de grãos m^{-2} está associado à taxa de crescimento da planta no período entre pré e pós-pendoamento, estando a taxa de crescimento na dependência das condições climáticas. No primeiro ano de condução do experimento, o número de grãos m^{-2} foi superior ao obtido no segundo ano nas três épocas de semeadura, na média de cinco níveis de manejo (Tabela 9). Este resultado deve-se a maior evapotranspiração ocorrida no ano agrícola 2002/2003 (BERGAMASCHI et al., 2003) o que, potencializou o efeito da deficiência hídrica ocorrida neste ano agrícola (Figuras 4,5 e 6). Isto possibilitou menor crescimento e acúmulo de fitomassa no ano 2002/2003 e definiu menor número de drenos reprodutivos (DIDONET et al. 2002). O maior rendimento de grãos obtido no primeiro ano de condução do experimento (Tabela 14) deveu-se, em grande parte, ao maior número de grãos m^{-2} produzidos.

Nos dois anos, obteve-se maior número de grãos m^{-2} na época de semeadura de outubro e, no segundo ano está não foi diferente da semeadura de dezembro (Tabela 9). A similaridade do número de grãos m^{-2} entre as épocas de semeadura de outubro e dezembro no ano agrícola de 2002/2003 pode ser atribuída em grande parte ao fato de que o número de espigas m^{-2} na

semeadura de dezembro foi maior que o obtido na semeadura de outubro (Apêndice 5), o que incrementou o número de grãos m^{-2} produzidos.

Nos níveis de manejo baixo e médio, que não receberam suplementação hídrica, o número de grãos m^{-2} na época de semeadura de outubro não superou o verificado nas demais épocas. No nível de manejo médio, foi até mesmo inferior ao verificado nas épocas de agosto e dezembro (Tabela 10). Já nos níveis em que foi investido mais em manejo, principalmente, que receberam suplementação hídrica (alto e potenciais I e II), o número de grãos m^{-2} na época de semeadura de outubro foi sempre superior ao obtido nas épocas de agosto e dezembro. Isto explica o fato de que, nestes três níveis de manejo, o rendimento de grãos ter sido maximizado na época de outubro, devido as maiores disponibilidades de radiação solar e temperatura do ar (Figura 1 e 2), confirmando a afirmativa de que a época de outubro potencializa o rendimento de grãos desde que não ocorra deficiência hídrica (SILVA & ARGENTA, 2000).

O número de grãos m^{-2} aumentou com o incremento do nível de manejo de baixo para potencial II (Tabela 10). Isto se deve, a utilização de cultivar com maior eficiência produtiva com o incremento no nível de manejo (ECHARTE et al., 2000), aos aumentos em densidade de plantas, fertilização e disponibilidade hídrica com a melhoria do nível de manejo, que

possibilitou maior número de espigas m^{-2} (Tabela 8) e por conseqüência número de grãos m^{-2} .

O último componente do rendimento de grãos a ser definido é o peso do grão. Este componente do rendimento é determinado pela taxa e pela duração do período de enchimento de grãos (WANG et al., 1999). O peso do grão variou pouco entre os anos agrícolas (Tabela 11), porque a taxa de enchimento é, principalmente, uma característica de ordem genética (DIDONET et al., 2002). Por outro lado, a duração deste subperíodo, por apresentar baixa correlação com temperatura do ar (LOZADA et al., 1999), apresenta pequena variação (Figura 7), sendo o componente do rendimento mais estável se comparado aos demais.

O maior peso do grão foi obtido na época de outubro e, nos níveis de manejo alto e potenciais I e II, na semeadura de agosto (Tabela 12). Isto se deve, segundo DIDONET et al. (2002), ao maior equilíbrio entre acúmulo de reservas e duração do subperíodo de enchimento de grãos na semeadura de outubro. Já o maior peso do grão verificado nos níveis de manejo mais elevados na semeadura de agosto pode estar relacionado a uma compensação da planta em peso do grão ao menor número de grãos m^{-2} obtido nestes níveis, se comparados com a semeadura de outubro (Tabela 10).

O peso do grão variou pouco em função do nível de manejo, a não ser na semeadura de agosto, em que os níveis que

receberam suplementação hídrica apresentaram grãos com maior peso (Tabela 12). Nesta época de semeadura, nos dois anos de condução do experimento, o subperíodo de enchimento de grãos coincidiu com a ocorrência de déficit hídrico (Figura 4)

O número potencial de espiguetas por espiga variou entre 700 e 1000, estando de acordo com os relatos de ALDRICH & LENG (1972). Na comparação entre épocas de semeadura, não foram evidenciadas diferenças significativas no número de espiguetas m^{-2} , na média dos dois anos de condução do experimento (Tabela 13). Esperava-se que o número de espiguetas m^{-2} fosse maior na época de semeadura de outubro, conforme tinha sido obtido anteriormente por FORSTHOFER et al. (2004). No entanto, esta resposta não ocorreu, devido, provavelmente, a menor radiação solar ocorrida nos dois anos agrícolas no período compreendido entre o primeiro decêndio de novembro e o terceiro decêndio de dezembro em relação a média do período entre 1970 e 1989 (Figura 1). Desta forma, a disponibilidade de fotoassimilados no período pré-pendoamento diminuiu (Figura 5), justamente quando estava sendo definido o número de drenos reprodutivos (ANDRADE et al., 1999 e DIDONET et al., 2002).

O número de espiguetas m^{-2} incrementou à medida que foi elevado o nível de manejo de baixo para potencial II, na média de três épocas de semeadura (Tabela 13). Este aumento no número de espiguetas m^{-2} foi devido ao incremento na densidade

de plantas com a elevação do nível de manejo, a mudança de cultivar, pois híbridos simples (níveis de manejo alto e potenciais I e II) apresentam maior relação entre número de grãos por planta e taxa de crescimento, em relação ao híbrido duplo (nível médio) e a variedade de polinização aberta (nível de manejo baixo) (ECHARTE et al., 2000). Outro fator que certamente contribuiu para este aumento foi o nível de adubação, porque as adubações de base e de cobertura foram incrementadas com a elevação do nível de manejo. O incremento no número de espiguetas m^{-2} com a elevação do nível de manejo, independente de época de semeadura, indica que, juntamente com as condições climáticas o nível de manejo empregado na cultura do milho, é importante para formação e produção de maior número de grãos, o que, segundo DIDONET et al. (2002), influenciará o rendimento de grãos.

O número de espiguetas m^{-2} superou em 40 a 50% o número final de grãos m^{-2} o que, está de acordo com KINIRY e OTEGUI (2000). Esta diferença entre número de espiguetas e número final de grãos produzidos pode ser devido a assincronia no surgimento das inflorescências masculina e feminina (SANGOI et al., 2001) e ao fato das plantas de milho fixarem somente os grãos que conseguem encher com a fotossíntese realizada neste pequeno período de definição do número de drenos produtivos (KINIRY e OTEGUI, 2000).

Assim sendo, a forma como o componente do rendimento é influenciado pelo clima e/ou pelo manejo e a compensação existente entre os mesmos é que vai formar o rendimento final de grãos.

No primeiro ano de condução do experimento, o rendimento de grãos foi maior na época de semeadura de outubro em relação ao obtido em agosto e dezembro, na média dos cinco níveis de manejo (Tabela 14). O maior rendimento de grãos na semeadura de outubro pode ser atribuído à coincidência do estágio de espigamento (maior área foliar) com os dias mais longos do ano (maior radiação solar) (SILVA & ARGENTA, 2000). Além disso, a radiação solar em elevação e a temperatura do ar moderada durante o desenvolvimento vegetativo na época de outubro propiciaram que as plantas acumulassem mais carboidratos no período pré e pós-pendoamento o que, segundo DIDONET et al. (2002), redundou em maior número de grãos m^{-2} (Tabela 10) e maior peso do grão (Tabela 12).

Já no segundo ano de realização do experimento não houve diferença entre épocas de semeadura no rendimento de grãos, na média dos cinco níveis de manejo (Tabela 14). Provavelmente, está associado à redução do número de espigas m^{-2} (Apêndice 5) e do número de grãos m^{-2} (Apêndice 6) na época de outubro se comparada aos obtidos no ano anterior, devido a maior evapotranspiração ocorrida neste ano o que

potencializou o efeito do déficit hídrico sobre a cultura do milho (BERGAMASCHI et al., 2003).

Na média das três épocas de semeadura, o rendimento de grãos incrementou com a elevação do nível de manejo, embora não tenha havido diferença significativa entre os níveis de manejo baixo e médio e entre os dois níveis potenciais (Tabela 15). Quanto a não diferença significativa entre os níveis de manejo baixo e médio, onde se utilizou a variedade de polinização aberta e o híbrido duplo, respectivamente, está de acordo com SILVA et al. (2003), que também não encontraram diferenças no rendimento de grãos entre estes dois tipos de cultivares de milho.

O rendimento de grãos obtido nos níveis de manejo que receberam suplementação hídrica (alto e potenciais I e II) e cuja cultivar foi um híbrido simples, que apresenta maior eficiência no acúmulo de fitomassa (ECHARTE et al., 2000), foi maior na época de semeadura de outubro em relação às épocas de agosto e dezembro (Tabela 16). Na época de outubro obteve-se maior peso do grão (Tabela 12) e, principalmente, maior número de grãos m^{-2} (Tabela 10). Este resultado está de acordo com SILVA (2001), para quem o rendimento de grãos é potencializado na semeadura de outubro, quando não há limitação hídrica. No nível de manejo médio, que não recebeu irrigação, os maiores rendimentos foram obtidos nas épocas de semeadura de agosto e dezembro, ou seja, quando foi minimizado o efeito do déficit

hídrico (Tabela 16). Já no nível de manejo baixo não houve diferença significativa entre as épocas de semeadura, provavelmente estando associado ao menor rendimento potencial da variedade de polinização aberta, o que a tornaria menos sensível a fatores de ordem ambiental.

Nas três épocas de semeadura, o rendimento de grãos incrementou até o nível de manejo potencial I (Tabela 16). Os maiores investimentos realizados no nível potencial II não se refletiram em incrementos no rendimento de grãos. Desta forma, pode-se afirmar que o que está limitando o rendimento de grãos são as condições climáticas associadas ao manejo utilizado no milho, que compreende o potencial da cultivar, o arranjo de plantas, a adubação e o controle de plantas daninhas, pragas e moléstias.

Quando comparados estes resultados de rendimento de grãos (Tabela 16) com o rendimento de grãos obtido pelos agricultores, constata-se que o grande fator limitante da obtenção de maiores rendimentos de grãos no Estado do Rio Grande do Sul é o manejo empregado na cultura do milho, desde que não ocorra limitação hídrica. A simples escolha de época de semeadura com menor probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica, também poderia ocasionar incremento no rendimento de grãos obtido pelos agricultores gaúchos.

5.3. Análise econômica

A margem bruta obtida, que é a diferença entre a receita bruta e o dispêndio efetuado, dependeu da época de semeadura (Tabela 17). O dispêndio efetuado e a receita bruta obtida aumentaram com o incremento no nível de manejo, independente de época de semeadura.

Nas épocas de semeadura de agosto e outubro, houve vantagem econômica com o incremento no nível de manejo até o nível potencial I (Tabela 17). A resposta da margem bruta obtida nestas duas épocas em função do nível de manejo coincide com a verificada no rendimento de grãos, que também aumentou até o nível de manejo potencial I (Tabela 16). Desta maneira, o maior investimento realizado no nível de manejo potencial II não incrementou o rendimento de grãos e nem a margem bruta ha^{-1} . Já, na época de semeadura de dezembro, houve incremento da margem bruta ha^{-1} até o nível de manejo médio (Tabela 17). Ao comparar-se a resposta da margem bruta com a do rendimento de grãos em função de nível de manejo na semeadura do tarde, constata-se que o rendimento de grãos incrementou até o nível potencial I (Tabela 16). Assim sendo, os investimentos realizados nos níveis de manejo alto e potenciais I e II não se refletiram em incrementos em margem bruta nesta época tardia de semeadura, devido ao alto dispêndio efetuado nestes níveis e resposta negativa em termos de receita bruta (Tabela 17). Segundo SANGOI et al. (2003), provavelmente isto

se deve a maior respiração noturna e a maior incidência de pragas e moléstias, devido às temperaturas altas e também ao alto custo da irrigação em relação ao menor potencial de rendimento de grãos da época de semeadura em função do exposto anteriormente.

Para que o cultivo de milho apresente maior rentabilidade devem ser observados alguns aspectos. A semeadura na época correta, desde que não haja restrição hídrica, seguramente aumentará o rendimento de grãos e o lucro do agricultor. O milho apresenta alta resposta em rendimento de grãos à melhoria do nível de manejo, embora isto represente maior desembolso inicial. Outro aspecto importante a considerar é que o rendimento de grãos será sempre resultado da interação entre as condições climáticas, o nível de manejo utilizado e a planta. Assim, em cada época de semeadura a resposta do rendimento de grãos em função do nível de manejo irá ocorrer de forma diferente, pois sempre dependerá das condições de radiação solar, temperatura do ar e, principalmente no estado do Rio Grande do Sul, da disponibilidade hídrica, o que seguramente interferirá no resultado econômico da cultura.

5.4. Proteína bruta nos grãos

O teor de proteína bruta nos grãos, de maneira geral, foi maior na época de semeadura de dezembro em relação ao

obtido nas sementeiras de outubro e agosto, na média dos dois anos (Tabela 18).

O maior teor de proteína bruta obtido na sementeira de dezembro em relação a de outubro, provavelmente, deve-se a uma relação entre maior acúmulo de fitomassa (Tabela 4) e menor rendimento de grãos (Tabela 16). Segundo POLETTI (2004), isto levaria a um gradiente de concentração do N no grão em função da quantidade de drenos produtivos e de fotoassimilados produzidos. Neste sentido, a estatura de planta nas épocas de sementeira de outubro e dezembro foi similar (Tabela 4). No entanto, há menor número final de grãos produzidos na época de sementeira de dezembro (Tabela 10) o que, segundo POLETTI (2004), pode levar a maior concentração de N no grão e, por consequência, maior teor de proteína.

6. CONCLUSÕES

A cultura do milho responde com incrementos no rendimento de grãos ao investimento realizado na melhoria das práticas de manejo e na adoção de cultivares com maior potencial produtivo, principalmente, nas épocas de semeadura de agosto a outubro.

Nos níveis com maiores investimentos em manejo e cultivares obtém-se maiores rendimentos na época de semeadura de outubro em relação às de agosto e dezembro devido, principalmente, ao melhor aproveitamento da radiação solar.

A qualidade dos grãos (proteína bruta) aumenta na semeadura tardia (dezembro), independente do nível de manejo adotado.

Nos níveis de manejo baixo e médio, conduzidos sob condições naturais de precipitação pluvial, o rendimento de grãos varia menos em função de época de semeadura.

O maior investimento na adoção de práticas de manejo e de cultivares com maior potencial resulta em maior retorno econômico na semeadura de agosto a outubro. Nas semeaduras tardias (dezembro), não há retorno econômico ao maior

investimento realizado nos sistemas utilizados para potencializar o rendimento de grãos da lavoura.

Nas épocas de agosto e, principalmente, de outubro é possível associar-se máxima eficiência técnica com máxima eficiência econômica através da melhoria do nível de manejo e da adoção de cultivares com maior potencial de rendimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL 2003, ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA. São Paulo: FNP, 2003. 468 p.

ALDRICH, S.R.; LENG, E.R. Modern corn production. Illinois: Few Corp Printed, 1972, p. 172.

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 241-248, 2002.

ANDRADE, F.H. Analysis of growth and yield of maize , sunflower and soybean grown at Balcare, Argentina. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 41, n. 1, p.1-12, 1995.

ANDRADE, F.H. et al. Kernel number determination in maize. **Crop Science**, Madison, v.39, p. 453-459, 1999.

ANDRADE, F.H. et al. Kernel number prediction in maize under nitrogen or water stress. **Crop Science**, Madison, v.42, p. 1173-1180, 2002.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F. da; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 5, p.1075-1084, 2001.

BARNI, N.A. et al. Rendimento máximo do girassol com base na radiação solar e temperatura: II. Produção de fitomassa e rendimento de grãos. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 1, n. 2, p. 201-216, 1995.

BERGAMASCHI, H., GUADAGNIN, M.R. **Agroclima da Estação Experimental Agrônômica/UFRGS**. Porto Alegre, Não publicado, 1990.

BERGAMASCHI, H., et al. **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre: ed. Universidade, UFRGS, 1992. 125 p.

BERGAMASCHI, H., et al. **Clima da Estação Experimental da UFRGS (e região de abrangência)**. Porto Alegre: UFRGS, 2003. 77 p.

BERLATO, M.; MATZENAUER, R.; SUTILI, V.R. Relação entre temperatura e o aparecimento de fases fenológicas do milho. **Agronomia Sulriograndese**, Porto Alegre, v.20, p. 111-132, 1984.

BISOTTO, V. Algumas considerações sobre a cultura do milho. IN: Indicações Técnicas para a Cultura do Milho no RS. Porto Alegre: FEPAGRO; EMATER/RS; FECOAGRO/RS. n.7, ago., 2001. p. 6-16.

BISOTTO, V. Milho o combustível da propriedade rural. IN: Artigos Técnicos. Porto Alegre: EMATER/RS, maio 2003. Disponível em: www.emater.tche.br Acesso em 25 fev. 2004.

BUGBEE, B.C.; SALISBURY, F.B. Exploring the limits of crop productivity. I. Photosynthetic efficiency of wheat in high irradiance environments. **Plant Physiology**, Lancaster, v.88, n.3, p.869-878, 1988.

COELHO, A.M.; CRUZ, J.C.; FILHO, I.A.P. Rendimentos do milho no Brasil: chegamos ao máximo? **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n.1, 2003, 12p.

DIDONET, A.D. et al. Efeito da radiação solar e temperatura na definição do número de grãos em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.7, p. 933-938. 2002.

DOOREMBOS, J.; PRUIT, W.O. **Crop water requeriment**. Roma: FAO, 1976. 196 p.

DUVICK, D.N.; CASSMAN, K.G. Post-Green revolution trends in yield potential of temperate maize in the North-Central United States. **Crop Science**, Madison, v.39, n.6, p.1622-1630, 1999.

ECHARTE, L. et al. Response of maize kernel number to plant density Argentinean hybrids released between 1965 and 1993. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.68, p. 1-8, 2000.

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

EVANS, L.T. Processes, genes, and yield potential. IN: BUXTON, D.R. et al. **International Crop Science I**. Madison: Crop Science Society of America, 1993. p.687-696.

EVANS, L.T.; FISCHER, R.A. Yield potential: its definition, measurement, and significance. **Crop Science**, Madison, v. 39, n.5, p. 1544-1551, 1999.

FORSTHOFER, E.L. et al. Crescimento e desenvolvimento de híbridos de milho em três épocas de semeadura. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 46 E REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO SORGO, 29, 2001, Porto Alegre, **Anais...** Porto Alegre: FEPAGRO, 2001(CD-ROM).

FORSTHOFER, E.L. et al. Desenvolvimento fenológico e agrônomo de três híbridos de milho em três épocas de semeadura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 5, 2004 (no prelo).

GARDNER, F.P; PEARCE, R.B.; MITHCELL, R.L. **Physiology of crop plants**. Ames: Iowa State University, 1985. 327p

HANWAY, J.J. Growth stages of corn (*Zea mays* L.). **Agronomy Journal**, Madison, v.55, n.2, p.487-492, 1966.

ICEPA. Milho – Informe Conjuntural 2003. Florianópolis: ICEPA, dez 2003. Disponível em: www.icepa.com.br Acesso em 25 fev. 2004.

INDICAÇÕES Técnicas para a Cultura do Milho no RS. Porto Alegre: FEPAGRO; EMATER/RS; FECOAGRO/RS. n.7, ago., 2001. 196p.

IPAGRO. Seção de ecologia agrícola. **Atlas agroclimático do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 1989. 210 p.

KINIRY, J.R.; OTEGUI, M.E. Processes affecting maize grain yield potential in temperate conditions. IN: SLAFFER, G.A.; OTEGUI (Ed.). **Physiological bases for maize improvement**. New York: Haworth Press, 2000. p. 31-46.

LOOMIS, R.S.; WILLIAMS, W.A. Maximum crop productivity: an estimate. **Crop Science**, Madison, v.3, n.1, p.67-72, 1963.

LOOMIS, R.S.; AMTHOR, J.S. Yield potential, plant assimilatory capacity, and metabolic efficiencies. **Crop Science**, Madison, v. 39, n.6, p. 1584-1596, 1999.

LOZADA, B.I., ANGELOCCI, L.R. Efeito da temperatura do ar e da disponibilidade hídrica do solo na duração de subperíodos e na produtividade de um híbrido de milho. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.7, n.1, p.37-43, 1999.

MALUF, J.R.T. et al. Zoneamento: Períodos de semeadura safra 2000/2001. IN: Indicações Técnicas para a Cultura do Milho no RS. Porto Alegre: FEPAGRO; EMATER/RS; FECOAGRO/RS. n.7, ago., 2001. p. 22-24.

MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A. Evapotranspiração da cultura do milho. I – Efeito de épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v.6, n.1, p. 9-14, 1998.

MATZENAUER, R. et. al. **Consumo de água e disponibilidade hídrica para milho e soja, no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: FEPAGRO, 2002. 105 p. (Boletim FEPAGRO, 10).

MELGES, E.; LOPES, N.F.; OLIVA, M.A. Crescimento, produção de matéria seca e produtividade da soja submetida a quatro níveis de radiação solar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.9, n.4, p.1073-1080, 1989.

MINETTO, T. J. **Custo de produção: lavouras em plantio direto**. Porto Alegre: FECOAGRO, 2001. 31 p.

MUCHOW, R.C. Improving maize grain yield potential in the tropics. IN: SLAFFER, G.A.; OTEGUI (Ed.). **Physiological bases for maize improvement**. New York: Haworth Press, 2000. p. 47-58.

NOLDIN, J.A. **Rendimento de grãos, componentes do rendimento e outras características de planta de três cultivares de milho em duas épocas de semeadura**. Porto Alegre, 1985. 149 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Fitotecnia) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1985.

POLETTI, N. **Disponibilidade de N no solo e sua relação com o manejo da adubação nitrogenada em cevada**. Porto Alegre, 2004. 120 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Fitotecnia) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J. How a corn plant develops. **Iowa State University**. Special report n. 48, Ames, 1993. Disponível em: www.maize.agron.iastate.edu/corngrows.html Acesso em 12 Out. 2002.

SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n.1, p. 159-168, 2001.

SANGOI, L. et al. Níveis de manejo na cultura do milho em dois ambientes contrastantes: análise técnico-econômica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.6, p. 1021-1029, 2003.

SILVA, A.A. et al. Desempenho agrônômico e econômico de tipos de cultivares de milho em função de níveis de manejo. IN: REUNIÃO TÉCNICA CATARINENSE DE MILHO E FEIJÃO, 4 E REUNIÃO SULBRASILEIRA DE FEIJÃO, 6, 2003, Lages, **Resumos...**, Lages: UDESC, 2003. p.101-105.

SILVA, P.R.F. da; ARGENTA, G.; REZERA, F. Resposta de híbridos de milho irrigado à densidade de plantas em três épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.4, p. 585-592, 1999.

SILVA, P.R.F. da; ARGENTA, G. Ecofisiologia e fenologia das culturas do milho e do sorgo. In: PARFITT, J.M.B. (Coord.) **Produção de milho e sorgo na várzea**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2000. p. 07-18.

SILVA, P.R.F. da. Crescimento e desenvolvimento. IN: Indicações Técnicas para a Cultura do Milho no RS. Porto Alegre: FEPAGRO; EMATER/RS; FECOAGRO/RS. n.7, ago., 2001. p. 17-21.

SLAFFER, G.A.; OTEGUI, M. Is there a niche for physiology in future genetic improvement of maize yields? IN: SLAFFER, G.A.; OTEGUI (Ed.). **Physiological bases for maize improvement**. New York: Haworth Press, 2000. p. 1-14.

STONE, P.J., SORENSEN, I.B., JAMIESON, P.D. Effect of soil temperature on phenology, canopy development, biomass and yield of maize in a cool-temperate climate. **Field Crops Research**, Hastings, v. 63, n.1, p. 169-178, 1999.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISANI, C.A. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS, 1995. 2 ed. 174 p.

THORNE, J.H. Phloem unloading of C and N-assimilates in developing seeds. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 36, n.2, p. 317-343, 1985.

WANG, G. et al. Genetic analyses of grain-filling rate and duration in maize. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 61, n.1, p. 211-222, 1999.

WEBER, C.R. Physiological concepts for high soybean yields. **Field Crop Abstracts**, Amsterdam, v.21, n.2, p.313-317, 1968.

8. APÊNDICES

Apêndice 1 – Resumo da análise de variância conjunta dos anos agrícolas 2001/2002 e 2002/2003 para as características avaliadas. Eldorado do Sul-RS.

Causas de variação	GL	Quadrados médios								
		Rendimento de grãos	Nº espigas m ⁻²	Nº grãos m ⁻²	Peso do grão	Nº espiguetas m ⁻²	Estatura de planta	Altura de inserção de espiga	Índice de colheita	% proteína bruta
Blocos (Ano x Época)	18	1047594,6 ^{ns}	0,1225 ^{ns}	149361 ^{ns}	327,67 ^{ns}	124639 ^{ns}	0,018458 ^{ns}	351,74903 ^{ns}	0,00151 ^{ns}	0,870367*
Ano	1	255667100,8*	0,06440 ^{ns}	19439945*	986,133 ^{ns}	1509539 ^{ns}	0,099763*	532,98675 ^{ns}	0,08802 ^{ns}	0,170253 ^{ns}
Época	2	46188745,6*	2,35372*	2860697*	31547,033*	1309705 ^{ns}	4,042835*	22490,32758*	0,01446 ^{ns}	11,34109*
Níveis	4	217218986,3*	152,6711*	32979998*	3108,8833*	13718196*	1,078890*	1359,73967*	0,03257*	2,250756*
Ano x Época	2	30504858,7*	0,30105 ^{ns}	1523912*	724,633 ^{ns}	978796 ^{ns}	0,056990 ^{ns}	279,45925 ^{ns}	0,03690*	0,031103 ^{ns}
Ano x Níveis	4	8051141,9*	0,53894*	206660 ^{ns}	1859,550*	139343 ^{ns}	0,024336 ^{ns}	342,97217 ^{ns}	0,00232 ^{ns}	0,097492 ^{ns}
Época x Níveis	8	17195146,7*	0,42280*	1590116*	4818,095*	307495 ^{ns}	0,049809*	731,13904*	0,00742*	0,607861*
Ano x Época x Níveis	8	1142661,5 ^{ns}	0,11259 ^{ns}	235360 ^{ns}	1049,487*	340592 ^{ns}	0,046804*	979,34779*	0,00475*	0,076046 ^{ns}
Resíduo	72									
Total	119									
C.V. (%)		13,6	6,5	12,6	7,1	8,0	6,32	9,7	6,7	6,51

*Significativo pelo teste F, a 5% de probabilidade.

^{ns}Não significativo pelo teste F, a 5% de probabilidade.

Apêndice 2 – Resumo da análise de variância das características avaliadas individualmente para os anos agrícolas 2001/2002 e 2002/2003. Eldorado do Sul-RS.

Causas de variação	GL	Quadrados médios								
		Rendimento de grãos	Nº espigas m ⁻²	Nº grãos m ⁻²	Peso do grão	Nº óvulos m ⁻²	Estatura de planta	Altura de inserção de espiga	Índice de colheita	% proteína bruta
--- 2001/2003 ---										
Blocos (Época)	9	939836,1 ^{ns}	0,03527 ^{ns}	249183 ^{ns}	322,016 ^{ns}	81318,7 ^{ns}	0,05460 ^{ns}	548,96338 ^{ns}	0,00128 ^{ns}	0,58562 ^{ns}
Época	2	70235378,1*	1,45216*	3620297*	17262,15*	321409,3 ^{ns}	1,872765*	10092,17017*	0,004160*	5,26296*
Níveis	4	151870220,9*	69,49433*	18197511*	1006,058*	65718233*	0,606922*	915,73683 ^{ns}	0,009254*	1,40716*
Época x Níveis	8	8687470,2*	0,15820 ^{ns}	1059431*	1483,545*	154334,9 ^{ns}	0,01979 ^{ns}	1117,84933 ^{ns}	0,00062 ^{ns}	0,48655 ^{ns}
Resíduo	36									
Total	59									
C.V. (%)		14,1	4,1	12,7	4,5	6,7	6,7	10,3	6,21	6,4
2002/2003										
Blocos (Época)	9	1155353,2 ^{ns}	0,20977 ^{ns}	49539 ^{ns}	333,327 ^{ns}	167960,7 ^{ns}	0,02572 ^{ns}	80,20000 ^{ns}	0,00173 ^{ns}	0,38940 ^{ns}
Época	2	6458226,1*	1,20260*	764312*	15009,51*	1967093,4*	2,22770*	12677,61667*	0,047201*	6,110231*
Níveis	4	73399907,3*	83,7157*	14989147*	3962,375*	71603072,7*	0,49630*	786,97500*	0,025645*	0,941089*
Época x Níveis	8	9650338*	0,37719 ^{ns}	766046*	4384,037*	493752,7 ^{ns}	0,076817*	592,63750*	0,011549*	0,19735 ^{ns}
Resíduo	36									
Total	59									
C.V. (%)		12,8	8,2	12,3	9,7	9,2	5,4	7,9	7,15	6,8

*Significativo pelo teste F, a 5% de probabilidade.

^{ns}Não significativo pelo teste F, a 5% de probabilidade.

Apêndice 3 – Estatura de planta (cm) de milho em cinco níveis de manejo, em três épocas de semeadura, em dois anos agrícolas. Eldorado do Sul-RS.

Níveis de manejo ¹	Épocas de semeadura			Média
	Agosto	Outubro	Dezembro	
2001/2002				
Baixo	172	241	222	212 b*
Médio	162	230	214	202 b
Alto	216	257	241	238 a
Potencial I	219	268	259	248 a
Potencial II	214	283	261	253 a
Média	B 197	A 255	A 239	
2002/2003				
Baixo	B 164 b	A 248 ab	A 243 b	
Médio	B 160 b	A 229 c	A 238 b	
Alto	B 200 a	A 259 a	A 260 a	
Potencial I	C 204 a	B 252 a	A 272 a	
Potencial II	C 205 a	B 242 b	A 264 a	

*Médias antecedidas pela mesma letra maiúscula na linha (comparação de épocas) e seguidas pela mesma letra minúscula na coluna (comparação de níveis) não diferem entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

¹Conforme caracterização da Tabela 2.

Apêndice 4 – Índice de colheita de milho em cinco níveis de manejo, em três épocas de semeadura, em dois anos agrícolas. Eldorado do Sul-RS.

Níveis de manejo ¹	Épocas de semeadura			Média
	Agosto	Outubro	Dezembro	
2001/2002				
Baixo	0,50	0,51	0,51	0,51 b*
Médio	0,49	0,51	0,53	0,51 b
Alto	0,56	0,54	0,57	0,56 a
Potencial I	0,56	0,53	0,58	0,56 a
Potencial II	0,56	0,54	0,57	0,55 a
Média	0,53 ^{ns}	0,52	0,55	
2002/2003				
Baixo	B 0,35 b	A 0,49 c	B 0,42 a	
Médio	B 0,35 b	A 0,51 bc	A 0,48 a	
Alto	A 0,53 a	A 0,58 a	B 0,44 a	
Potencial I	A 0,54 a	A 0,56 ab	B 0,44 a	
Potencial II	A 0,54 a	A 0,55 ab	B 0,48 a	

^{ns}Médias não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade.

*Médias antecedidas pela mesma letra maiúscula na linha (comparação de épocas) e seguidas pela mesma letra minúscula na coluna (comparação de níveis) não diferem entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade

¹Conforme caracterização da Tabela 2.

Apêndice 5 – Número de espigas m⁻² de milho em cinco níveis de manejo, em três épocas de semeadura, em dois anos agrícolas. Eldorado do Sul-RS.

Níveis de manejo ¹	Épocas de semeadura			Média
	Agosto	Outubro	Dezembro	
2001/2002				
Baixo	4,4	3,9	4,0	4,1 e*
Médio	5,3	4,8	5,0	5,0 d
Alto	7,0	6,8	7,0	6,9 c
Potencial I	8,2	7,8	7,8	7,9 b
Potencial II	10,8	9,7	10,0	10,1 a
Média	A 7,1	B 6,6	AB 6,8	
2002/2003				
Baixo	3,9	3,6	3,9	3,8 d
Médio	4,4	4,2	5,2	4,6 d
Alto	7,3	6,9	7,2	7,1 c
Potencial I	8,3	8,0	8,3	8,2 b
Potencial II	10,9	9,9	10,0	10,3 a
Média	A 7,0	B 6,5	A 6,9	

*Médias antecedidas pela mesma letra maiúscula na linha (comparação de épocas) e seguidas pela mesma letra minúscula na coluna (comparação de níveis) não diferem entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

¹Conforme caracterização da Tabela 2.

Apêndice 6 – Número de grãos m^{-2} de milho em cinco níveis de manejo, em três épocas de semeadura, em dois anos agrícolas. Eldorado do Sul-RS.

Níveis de manejo ¹	Épocas de semeadura		
	Agosto	Outubro	Dezembro
2001/2002			
Baixo	A 2317 d*	AB 1954 c	B 1581 d
Médio	A 2593 d	A 2299 c	A 2510 c
Alto	B 3136 c	A 4729 b	B 3262 b
Potencial I	B 3569 b	A 4758 b	B 3904 b
Potencial II	B 4426 a	A 5915 a	B 4649 a
2002/2003			
Baixo	A 1214 c	A 1028 b	A 1429 d
Médio	B 1741 c	C 1204 b	A 2229 c
Alto	B 2545 b	A 3737 a	B 3053 b
Potencial I	B 2735 b	A 3790 a	B 3099 b
Potencial II	A 3817 a	A 3902 a	A 4005 a

*Médias antecedidas pela mesma letra maiúscula na linha (comparação de épocas) e seguidas pela mesma letra minúscula na coluna (comparação de níveis) não diferem entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

¹Conforme caracterização da Tabela 2.

Apêndice 7 – Peso do grão (mg) de milho em cinco níveis de manejo, em três épocas de semeadura, em dois anos agrícolas. Eldorado do Sul-RS.

Níveis de manejo ¹	Épocas de semeadura		
	Agosto	Outubro	Dezembro
2001/2002			
Baixo	B 272 b*	A 340 a	B 279 a
Médio	B 284 b	A 309 b	B 271 ab
Alto	A 311 a	A 303 b	B 249 b
Potencial I	A 332 a	A 331 a	B 264 ab
Potencial II	A 318 a	A 329 a	B 260 ab
2002/2003			
Baixo	B 291 b	A 356 a	B 295 a
Médio	B 284 b	A 337 ab	B 269 ab
Alto	A 306 ab	B 237 d	B 248 ab
Potencial I	A 323 a	B 294 c	C 261 ab
Potencial II	A 326 a	A 315 bc	B 223 b

*Médias antecedidas pela mesma letra maiúscula na linha (comparação de épocas) e seguidas pela mesma letra minúscula na coluna (comparação de níveis) não diferem entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

¹Conforme caracterização da Tabela 2.

Apêndice 8 – Número potencial de espiguetas m⁻² de milho em cinco níveis de manejo, em três épocas de semeadura, em dois anos agrícolas. Eldorado do Sul-RS.

Níveis de manejo ¹	Épocas de semeadura			Média
	Agosto	Outubro	Dezembro	
2001/2002				
Baixo	2942	2854	2692	2829 e*
Médio	3614	3868	4045	3842 d
Alto	6021	6301	6200	6174 c
Potencial I	6558	7142	7029	6909 b
Potencial II	8522	8449	8889	8620 a
Média	5531 ^{ns}	5722	5771	
2002/2003				
Baixo	2645	2958	2264	2622 e
Médio	2995	3588	3709	3430 d
Alto	5876	5927	5747	5850 c
Potencial I	6540	7156	6535	6743 b
Potencial II	8491	9420	7907	8606 a
Média	B 5309	A 5810	B 5232	

^{ns}Médias não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade.

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

¹Conforme caracterização da Tabela 2.

Apêndice 9 – Rendimento de grãos ($t\ ha^{-1}$) de milho em cinco níveis de manejo, em três épocas de semeadura, em dois anos agrícolas. Eldorado do Sul-RS.

Níveis de manejo ¹	Épocas de semeadura		
	Agosto	Outubro	Dezembro
2001/2002			
Baixo	C 3,28 c*	A 5,32 c	B 4,52 d
Médio	B 4,54 c	A 5,49 c	A 6,18 cd
Alto	B 6,75 b	A 11,20 b	B 7,86 bc
Potencial I	B 10,55 a	A 15,75 a	B 9,48 ab
Potencial II	B 10,39 a	A 15,25 a	B 10,37 a
2002/2003			
Baixo	A 6,40 c	B 3,44 d	B 4,15 d
Médio	A 6,70 c	B 3,65 d	A 5,96 c
Alto	B 7,15 bc	A 8,84 c	AB 7,46 b
Potencial I	B 9,04 ab	A 11,15 b	B 8,07 ab
Potencial II	B 10,09 a	A 12,29 a	B 8,77 a

*Médias antecedidas pela mesma letra maiúscula na linha (comparação de épocas) e seguidas pela mesma letra minúscula na coluna (comparação de níveis) não diferem entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

¹Conforme caracterização da Tabela 2.

Apêndice 10 – Dispêndio (R\$ ha⁻¹) relativos à cultura do milho em cinco níveis de manejo, em três épocas de semeadura, em dois anos agrícolas. Eldorado do Sul-RS.

Níveis de manejo ¹	Épocas de semeadura		
	Agosto	Outubro	Dezembro
2001/2002			
Baixo	347	386	376
Médio	440	496	493
Alto	1077	1405	1102
Potencial I	1310	1720	1609
Potencial II	1390	1790	1685
2002/2003			
Baixo	454	478	505
Médio	646	704	689
Alto	1056	1384	1328
Potencial I	1391	1731	1727
Potencial II	1538	1913	1805

¹Conforme caracterização da Tabela 2.

Apêndice 11 – Receita bruta (R\$ ha⁻¹) obtida com a cultura do milho em cinco níveis de manejo, em três épocas de semeadura, em dois anos agrícolas. Eldorado do Sul-RS.

Níveis de manejo ¹	Épocas de semeadura		
	Agosto	Outubro	Dezembro
2001/2002			
Baixo	740	1196	1016
Médio	1246	1235	1392
Alto	1518	2517	1768
Potencial I	2373	3543	2133
Potencial II	2339	3431	2335
2002/2003			
Baixo	1593	860	1036
Médio	1667	912	1491
Alto	1786	2209	1866
Potencial I	2559	2786	2017
Potencial II	2522	3071	2193

¹Conforme caracterização da Tabela 2.

Apêndice 12 – Margem bruta (R\$ ha⁻¹) obtida com a cultura do milho em cinco níveis de manejo, em três épocas de semeadura, em dois anos agrícolas. Eldorado do Sul-RS.

Níveis de manejo ¹	Épocas de semeadura		
	Agosto	Outubro	Dezembro
2001/2002			
Baixo	393	810	640
Médio	805	739	899
Alto	440	1115	666
Potencial I	1063	1822	524
Potencial II	949	1641	649
2002/2003			
Baixo	1139	382	565
Médio	1020	208	801
Alto	730	825	538
Potencial I	1168	1055	290
Potencial II	983	1159	390

¹Conforme caracterização da Tabela 2.

Apêndice 13 – Teor de proteína bruta (%) nos grãos de milho em cinco níveis de manejo, em três épocas de semeadura, em dois anos agrícolas. Eldorado do Sul-RS.

Níveis de manejo ¹	Épocas de semeadura			Média
	Agosto	Outubro	Dezembro	
2001/2002				
Baixo	7,1	8,0	8,7	7,9 a*
Médio	7,7	7,6	8,1	7,8 a
Alto	6,5	7,1	7,5	7,0 b
Potencial I	7,1	7,5	8,2	7,6 ab
Potencial II	6,8	8,2	7,8	7,6 ab
Média	B 7,0	AB 7,7	A 8,0	
2002/2003				
Baixo	7,1	7,9	8,5	7,8 a
Médio	7,0	7,6	8,0	7,5 ab
Alto	6,6	7,1	7,6	7,1 b
Potencial I	7,1	7,5	8,1	7,5 ab
Potencial II	6,9	8,1	7,8	7,6 ab
Média	C 6,9	B 7,6	A 8,0	

*Médias antecedidas pela mesma letra maiúscula na linha (comparação de épocas) e seguidas pela mesma letra minúscula na coluna (comparação de níveis) não diferem entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade

¹Conforme caracterização da Tabela 2

VITA

Everton Leonardo Forsthofer, filho de Donato Ignácio Forsthofer e de Nair Forsthofer, nasceu em 15 de outubro de 1974, no município de Santa Cruz do Sul-RS.

Em 1990 ingressou no Curso de Técnico em Agropecuária do Colégio Teutônia, onde se formou como Técnico em Agropecuária em 1993.

Em 1996 ingressou no curso de Agronomia da UFRGS, onde se graduou como Engenheiro Agrônomo em 2001.

No período de março de 1998 a julho de 1998 desenvolveu atividades como Bolsista de Iniciação Científica, atuando no Departamento de Horticultura e Silvicultura da Faculdade de Agronomia da UFRGS.

No período de agosto de 1998 a abril de 2002 desenvolveu atividades como Bolsista de Iniciação Científica, atuando no Departamento de Plantas de Lavoura da Faculdade de Agronomia da UFRGS.

Em maio de 2002 iniciou o Curso de Mestrado em Fitotecnia, do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Faculdade de Agronomia da UFRGS, em Porto Alegre.