

PESQUISA AGROPECUÁRIA GAÚCHA

ISSN 0104-9070

Volume 15

Número 2

2009

SUMÁRIO / TABLE OF CONTENTS

Artigos Científicos / Scientific Papers

Avaliação de desempenho do modelo ISAREG de simulação de balanço hídrico / Performance evaluation of the water balance simulation model ISAREG. Carmen Ilse Jobim, José Antônio Louzada..... 91

Temperatura do solo favorável para o início da semeadura do arroz irrigado no Estado do Rio Grande do Sul / Favorable soil temperature to begin the irrigated rice sowing period in the State of Rio Grande do Sul, Brazil. Silvio Steinmetz, Ronaldo Matzenauer, Jaime Ricardo Tavares Maluf, Jean Samarone Almeida Ferreira..... 99

Utilização de medidas corporais para avaliação de novilhos Braford em diferentes ofertas de campo nativo no Bioma Pampa - Região da Campanha, Rio Grande do Sul, Brasil / Use of body measures for Bradford breeds evaluation under different offers of native pasture in the Pampa Biome - Region of Campanha, Rio Grande do Sul, Brazil. Giselda da Silva Pires, Marilise Mesquita, Júlio César G. da Silveira, César Augusto Cunha Corrêa, Ruth G. Calone Gomes, Geraldo Luis Hillebrand..... 105

Avaliação de silagens elaboradas com milho produzido sob dois níveis de adubação: I. Produção e custo operacional / Evaluation of silages elaborated with corn produced under two fertilization levels: I. Production and operational cost. Luiz Adilson dos Santos, Hero Alfaya, Antônio André Amaral Raupp, Werner Erwin Lüder, João Baptista da Silva, Ruben Cassel Rodrigues, José Carlos Leite Reis..... 113

Avaliação de silagens elaboradas com milho produzido sob dois níveis de adubação: II. Qualidade / Evaluation of silages elaborated with corn produced under two fertilization levels: II. Quality. Hero Alfaya, Luiz Adilson dos Santos, Antônio André Amaral Raupp, Werner Erwin Lüder, João Baptista da Silva, Ruben Cassel Rodrigues, José Carlos Leite Reis..... 123

Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijão cultivados em duas localidades de Mato Grosso do Sul / Adaptability and stability of common bean genotypes grow in two locations in the state of Mato Grosso do Sul. Agenor Martinho Correa, Manoel Carlos Gonçalves, Luiz Carlos Ferreira de Souza, Edson Talarico Rodrigues, Silvana de Paula Quintão Scalon..... 135

O Clima da Região dos Campos de Cima da Serra, Rio Grande do Sul: condições térmicas e hídricas / The climate of the Campos de Cima da Serra Region, Rio Grande do Sul state, Brazil: thermal and water conditions. Tatiane Paiva Pereira, Denise Cybis Fontana, Homero Bergamaschi..... 145

Secagem de sementes de milho com ar natural forçado / Corn seeds drying with natural forced air. Luiz Eichelberger, José Antonio Portella, Luiz Carlos Gutkoski, João Anaracy Santin..... 159

Teste de imersão em água para avaliação do potencial fisiológico de sementes de arroz / Water immersion test for evaluation of physiologic potential of rice seeds. Cátia Fernanda Wrasse, Nilson Lemos de Menezes, Rafael Pivotto Bortolotto..... 171

Avaliação de desempenho do modelo ISAREG de simulação de balanço hídrico¹

Carmen Ilse Jobim² e José Antônio Louzada³

Resumo - O modelo ISAREG simula o balanço de água no solo. Seu desempenho nas condições do Planalto Médio do Rio Grande do sul, foi avaliado através da comparação do conteúdo de umidade do solo, obtido na simulação do balanço de água no sistema solo-planta-atmosfera, com os dados medidos por tensiômetros visando validar seu uso para a Região. A avaliação do modelo foi realizada utilizando como cultura de referência uma gramínea perene, adotando os parâmetros edáficos e agrometeorológicos da Embrapa Trigo, de Passo Fundo, RS. Os resultados mostraram o alto potencial de aderência do modelo. De acordo com os indicadores estatísticos obtidos na avaliação, coeficiente de correlação, índice de concordância e de desempenho, o modelo foi classificado como muito bom e pode ser utilizado para simular o balanço hídrico na região do Planalto Médio do RS..

Palavras-chave - ISAREG, tensiometria, umidade do solo.

Performance evaluation of the water balance simulation model ISAREG

Abstract - The ISAREG model simulates the soil water balance. The performance of the model was evaluate in the conditions of the "Planalto Medio" Region, in Rio Grande do Sul State (Brazil). Comparisons among soil water contents estimated by the water balance of the soil-plant-atmosphere system and observed data from tensiometers were performed, in order to validate the model for the Region. A perennial grass was used as reference crop for testing the model, while the soils and meteorological parameters were collected at the "Embrapa Trigo" Center, in Passo Fundo, RS (Brazil). The results showed a high potential adherence among simulated and observed data, so indicating an adequate performance of the model in those conditions. According the statistical indicators obtained from regression analyses, the performance of the ISAREG model was considered as very good and it can be used for the water balance of the "Planalto Medio" Region (RS).

Key words - ISAREG, tensiometry, soil water.

INTRODUÇÃO

O conhecimento de como as plantas utilizam a água do solo e de como respondem aos níveis de armazenagem é obtido a partir do balanço hídrico, na medida em que o consumo de água pelas plantas é um parâmetro importante para a determinação do rendimento e da necessidade hídrica de uma cultura. Assim, o balanço hídrico do solo é uma das formas de determinar este consumo. Segundo Ometto (1981), o balanço hídrico é o cômputo de toda água envolvida no sistema solo-planta-atmosfera. Conforme Reichardt (1996), o balanço hídrico completo no campo, apesar das inúmeras dificuldades e erros técnicos experimentais envolvidos na sua determinação, constitui uma importante forma de subsidiar o manejo da cultura, permitindo medir "in situ" os vários processos que envolvem a dinâmica da água no sistema solo-planta-atmosfera. O movimento cíclico do balanço hídrico começa com a infiltração da água no solo, continua com seu armazenamento na região do

sistema radicular e termina com sua remoção do solo por meio da drenagem, da evaporação e da absorção pelas raízes. Conforme Pereira et al. (1997), o balanço contábil das entradas e saídas de água que ocorrem num volume de solo caracteriza a variação do armazenamento num determinado intervalo de tempo onde o solo representa o reservatório de água. De acordo com os autores, numa situação ideal, as possibilidades de entradas no sistema são: a chuva, o orvalho, o escoamento lateral subterrâneo, a ascensão capilar e a irrigação. As possíveis saídas de água são representadas pela evapotranspiração e a percolação ou drenagem profunda.

Vários métodos têm sido desenvolvidos para quantificar o balanço hídrico visando o planejamento e o gerenciamento das culturas na agricultura irrigada. Eles podem ser classificados, conforme Souza (2001), em modelos pedológicos, baseados na determinação dos teores de água no solo; modelos físicos, que analisam a relação do teor de umidade com a tensão da água no solo;

¹Parte da Tese de Doutorado apresentada pelo primeiro autor à Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre, RS

²Eng^a Agr^a, Doutora, Pesquisadora da Fepagro Sede/SCT/RS, Rua Gonçalves Dias, 570. Bairro Menino Deus, Porto Alegre, CEP:90130-060, carmen-jobim@fepagro.rs.gov.br

³Eng^a Civil, Doutor, Professor do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS, louzada@iph.ufrgs.br

modelos fisiológicos, que relacionam a deficiência hídrica do solo com as reações das plantas; modelos irrigacionistas, que utilizam valores de evapotranspiração determinados por algum método de estimativa, como Penman-Monteith, Thornthwaite, tanque “Classe A” ou outros; e modelos climatológicos, baseados no balanço entre a precipitação e a evapotranspiração da cultura. Atualmente, a ênfase dos balanços hídricos tem sido dada à disponibilidade de água no solo relacionada com os elementos meteorológicos e com o desenvolvimento vegetal. Souza (2001) relata que o balanço hídrico climatológico mais citado na literatura é o modelo desenvolvido por Thornthwaite e Mather (1955). O método fornece como resultado os valores das deficiências e dos excessos hídricos de uma determinada área, em milímetros de água, e tem se mostrado eficiente para definir e programar demandas de irrigação.

Considerando os custos e o tempo necessários em procedimentos experimentais, predições de balanço hídrico vêm sendo satisfatoriamente realizadas através de modelos de simulação (LOUZADA, 2004). Para Pereira et al. (1995), simular significa imitar, reproduzir resultados, aparentar semelhanças, fazer analogias e é prática comum a várias áreas do conhecimento. Na agricultura, a simulação tem sido uma importante ferramenta para a previsão de resultados do manejo de sistemas sob determinadas condições ambientais. À medida que os recursos hídricos estão cada vez mais escassos, as informações sobre os componentes do balanço hídrico de solos sob cultivo são consideradas cruciais para o planejamento da irrigação (Ji et al., 2007). A quantificação da variação das necessidades hídricas durante a estação de crescimento é de suprema importância para o manejo da irrigação. A partir do entendimento das relações entre o sistema radicular, a camada de absorção e a hidrologia do solo, o modelo do balanço hídrico pode proporcionar um melhor conhecimento conceitual dos problemas e atuar como uma ferramenta interpretativa para tomada de decisão no manejo da agricultura irrigada (PEREIRA et al., 2002; DAM e FEDDES, 2000).

Várias estratégias para culturas irrigadas têm sido desenvolvidas através de modelos que simulam o balanço hídrico, visando aperfeiçoar o uso da água pelas culturas, evitar perdas de água pela irrigação e melhorar

o desempenho dos sistemas de irrigação (PEREIRA et al., 2003). Modelos de simulação do balanço hídrico são considerados ferramentas importantes para garantir o melhor uso da água, na medida em que todos os elementos do balanço possam ser avaliados, bem como avaliações de longo período possam ser facilmente desenvolvidas (DROOGERS et al., 2000). Ji et al. (2007) consideram que modelos de simulação desempenham um importante papel no cálculo do balanço hídrico, na medida em que os processos físicos envolvidos são conhecidos, podendo ser usados para prever o impacto da irrigação sobre os recursos hídricos disponíveis bem como auxiliar na avaliação de sua viabilidade. Estes modelos podem incluir, além de relações ajustadas de água-rendimento, submodelos de crescimento e rendimento, que avaliam o impacto dos déficits hídricos sobre as culturas. Segundo Pereira et al. (1995), os modelos podem ser, essencialmente, de dois tipos: modelos de simulação do fluxo de água quando o balanço hídrico é computado através dos fluxos de entrada e saída e da retenção da água do solo na zona radicular; e modelos de simulação volumétrica de balanço de água do solo, quando o balanço hídrico é obtido pela simulação dos volumes de água que entram e saem do reservatório do solo num predeterminado intervalo de tempo. Conforme relatam Pereira et al. (1995), os modelos de simulação do fluxo de água do solo são usados quando os fluxos são bem conhecidos ou quando as quantidades de solutos transportados devem ser determinadas. Em geral, estes modelos têm sua base teórica na equação de Richards e requerem uma completa definição das propriedades hidráulicas do solo, descritas, usualmente, pelas equações de Genuchten (GENUCHTEN, 1980), bem como requerem detalhadas características do dossel da cultura e outros parâmetros que influenciam a extração de água pelas raízes. Segundo os autores, estes modelos de fluxo estão associados à simulação de processos e à parametrização de índices complexos de crescimento e de rendimento da cultura, necessitando cuidadosa calibração dos vários parâmetros e da adoção do que denominam ‘auto-calibração’ de muitos outros parâmetros difíceis de serem obtidos a campo. O modelo SWAP (DAM et al., 1997) é um exemplo amplamente aplicado e documentado deste tipo de simulação (LOUZADA, 2004; DROOGERS et al., 2000).

Por outro lado, Pereira et al. (1995) consideram que os modelos volumétricos de balanço hídrico são facilmente parametrizados e requerem apenas a caracterização hidráulica essencial do solo e dados básicos da cultura, além de adotar funções simplificadas da relação água-rendimento para avaliar os efeitos dos déficits hídricos nas reduções do rendimento. Entretanto, os autores reconhecem que estes modelos também necessitam de validação de seus pressupostos antes de sua utilização.

Conforme Paz et al. (1996), no ISAREG, e em modelos do mesmo tipo, o balanço hídrico é baseado no método proposto por Doorenbos e Pruitt (1980) e Doorenbos e Kassan (1980), requerendo dados meteorológicos, edáficos e agrônômicos. Nestes modelos, a equação do balanço hídrico considera um prisma quadrado como unidade horizontal de área, cuja altura é ajustada ao crescimento radicular. Assim, o volume do solo que irá expressar a água disponível, poderá permanecer constante, como no caso de pastagem estabelecida, ou variar, quando modelar uma cultura anual. Além disso, a simulação do perfil do solo é desenvolvida em multicamadas, permitindo uma representação razoavelmente precisa dos compartimentos do solo do sistema.

ISAREG é um modelo de simulação do balanço hídrico do solo desenvolvido por Teixeira e Pereira (1992) que, na sua versão mais atual, apresenta-se combinado com outros dois programas, o EVAP56 que calcula a evapotranspiração de referência (ET_0) usando o método de Penman-Monteith e o KCISA para cômputo dos parâmetros da cultura requeridos pela metodologia FAO (ALLEN et al., 1998). As simulações podem ser realizadas para períodos diários, decendiais ou mensais. O modelo simula o balanço da água do solo para a profundidade total da zona radicular efetiva através da equação:

$$\theta_i = \theta_{i-1} + (P_i + Q_{r_i} + I_{n_i} + ET_{a_i} + D_{p_i} + G_i) / (1000z_i)$$

onde: θ_i é umidade volumétrica média do solo na zona radicular, em $\text{mm}^3 / \text{mm}^3$, no dia i e θ_{i-1} , no dia prévio; P_i é a precipitação, em mm, no dia i ; Q_{r_i} é o escoamento superficial, em mm, no dia i ; I_{n_i} é a lâmina líquida de irrigação, em mm, no dia i ; ET_{a_i} é a evapotranspiração real, em mm, no dia i ; D_{p_i} é a percolação profunda, em mm, no dia i ; G_i é a contribuição da água subterrânea, em mm, no dia i e z_i é o comprimento radicular, em m, no dia i . A partir de θ_i , o modelo calcula a lâmina líquida de irrigação requerida, I_{n_i} , quando o limite designado de restrição é atingido. A evapotranspiração máxima foi calculada com base no produto da evapotranspiração de referência, ET_0 , pelo coeficiente de cultura, K_c , conforme ALLEN et al. (1998). A contribuição da água subterrânea, G_i , não foi considerada devido à profundidade do lençol freático do solo ser maior que 6m. O escoamento superficial, Q_{r_i} , foi predito usando o método do Número de Curva (CN) do SCS (Soil Conservation Service), como descrito em Yu et al. (2000).

No cômputo do balanço hídrico, a água do solo disponível para as plantas, R , em mm, está relacionada com três níveis de armazenamento: a zona da água em excesso, θ_s , acima da capacidade de campo, θ_{cc} , correspondente à água gravitacional que não está imediatamente disponível às plantas; a zona de rendimento ótimo, entre a θ_{cc} e o limite ótimo de água do solo, θ_p , onde a água realmente está disponível para a cultura e a zona de déficit hídrico, entre θ_p e o ponto de murcha permanente, θ_{pm} , onde ainda há água disponível para a planta, mas requer um gasto energético maior para sua extração pelas raízes. O tamanho das três zonas do reservatório-solo varia de cultura para cultura, com o estágio de desenvolvimento, a profundidade radicular e a sensibilidade da cultura ao déficit hídrico, expressado pela fração “ p ” de depleção sem estresse. Entretanto, o tamanho destas zonas depende, principalmente, das características hidráulicas do solo. O limite superior da zona de excesso de água é constante e corresponde ao ponto de saturação, θ_s , considerando a profundidade radicular máxima e resulta na capacidade total de armazenamento de água do solo.

O limite superior da zona de rendimento ótimo, $R_{\max}$, em mm, que corresponde à água total disponível do solo (CAD) à profundidade radicular da cultura considerada (z) é dado por:

$$R_{\max} = 1000z (\theta_c - \theta_{pm})$$

O limite inferior da zona de rendimento ótimo ($R_{\min}$) é dado por:

$$R_{\min} = (1-p) R_{\max}$$

onde “ p ” é a fração de depleção de água disponível que

permite evapotranspiração sem causar déficit hídrico na cultura. Este limite inferior da zona de rendimento ótimo define o limite do nível ótimo de água do solo, θ_p , isto é, o mínimo conteúdo de água do solo antes do déficit hídrico da cultura. A diferença entre $R_{\max}$ e $R_{\min}$ consiste na fração de água do solo realmente disponível ou utilizável, FAD, onde:

$$FAD = (\theta_{cc} - \theta_p) z$$

A zona de estresse é limitada entre $R_{\min}$ e $R=0$, onde a reserva disponível de água do solo é nula ao atingir o ponto de murcha permanente, θ_{pm} . Quando a água disponível está na zona de rendimento ótimo, a evapotranspiração real, ET_a , é igual à evapotranspiração máxima, ET_m , sendo:

$$ET_m = KcET_0$$

onde Kc é o coeficiente de cultura e ET_0 é a evapotranspiração de referência (ALLEN et al., 1998). Na zona de estresse hídrico, a evapotranspiração real, ET_a , é restringida por $ET_a < ET_m$ porque $R < R_{\min}$, isto é, a água disponível está abaixo do limite mínimo de água no solo para evitar o estresse hídrico da cultura. A variação da água disponível, R , não é linear quando $R < R_{\min}$, mas segue uma curva parabólica cujo expoente é função de R e ET_m (TEIXEIRA e PEREIRA, 1992). Os dados requeridos pelo modelo para computar o balanço hídrico do solo são armazenados em vários arquivos comandados por um menu principal. Eles referem-se a dados meteorológicos: evapotranspiração de referência e precipitação, em mm, a cada intervalo de tempo para o cálculo do balanço hídrico; temperaturas máxima e mínima, em °C; umidade relativa do ar, em %; radiação solar, em MJ/m²/dia; e velocidade do vento, em m/s, para cálculo da evapotranspiração de referência através da sub-rotina EVAP56; a velocidade do vento e a umidade relativa do ar são usadas também para ajustar o Kc às condições locais de clima com o módulo KCISA. Dados da cultura são: datas dos estádios de desenvolvimento da cultura; coeficiente de cultura; profundidade radicular efetiva, em m; altura do dossel vegetal, em m; fração “p” de depleção da água disponível do solo e fator de resposta do rendimento. Dados do solo, referindo-se a um solo com multicamadas, são: profundidade de cada camada do solo, em m; capacidade total de água disponível de cada camada, em mm, ou o conteúdo de água gravimétrico à capacidade de campo

e no ponto de murcha permanente, em %; densidade do solo de cada camada, em g cm⁻³; profundidade e textura da camada superficial evaporativa do solo que são necessárias para cálculo do Kc do período inicial de desenvolvimento da cultura.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho do modelo ISAREG na simulação do balanço hídrico nas condições do Planalto Médio do RS.

MATERIAL E MÉTODOS

O desempenho do modelo ISAREG foi avaliado, comparando conteúdo de umidade do solo, obtido na simulação do balanço de água no sistema solo-planta-atmosfera através do modelo, com os dados medidos por tensiômetros.

A medição do conteúdo de água do solo foi realizada, diariamente, no período de 16 de fevereiro a 31 de março de 2006, na Embrapa Trigo, em solo gramado. Para o monitoramento das tensões, foi utilizada uma bateria de três tensiômetros com vacuômetro, de leitura direta, instalados a 20, 40 e 60 cm de profundidade. As leituras dos tensiômetros em mm Hg foram transformadas para cm de água através da relação:

$$h = (-H * 1033/760)$$

onde h é o potencial matricial da água no solo em cm de água e H é a leitura do tensiômetro em mmHg. Os tensiômetros foram fluxados semanalmente com água destilada.

Para a comparação dos valores simulados através do modelo, os potenciais de pressão medidos foram transformados em umidade volumétrica através da equação apresentada por Genuchten (1980):

$$\theta = \theta_{res} + (\theta_{sat} - \theta_{res}) / [1 + |\alpha * h|^n]^m$$

onde θ , θ_{res} e θ_{sat} são, respectivamente, a umidade volumétrica, a umidade volumétrica residual e a umidade volumétrica de saturação, em cm³/cm³ e α , m e n são parâmetros, todos apresentados na Tabela 1 e obtidos através do programa computacional RETC (GENUCHTEN, 1991), a partir dos valores da curva característica determinada por Cunha (2003) para o solo da estação meteorológica da Embrapa Trigo, pertencente à unidade de mapeamento Passo Fundo, considerando a equação:

$$m = 1 - 1/n$$

TABELA 1 - Funções analíticas de Genuchten estimadas para o solo da estação meteorológica da Embrapa Trigo

Parâmetro	
Teor de Umidade Residual (q_{res}) (cm^3/cm^3)	0,15499
Teor de Umidade Saturado (q_{sat}) (cm^3/cm^3)	0,49294
a da curva (1/cm)	0,06033
Parâmetro m (-)	0,19881
Parâmetro n (-)	1,24822

¹ Fonte: RETC (GENUCHTEN, 1991).

Foram utilizados como parâmetros meteorológicos do modelo os registros meteorológicos diários da estação meteorológica convencional da unidade da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, latitude 28° 15' S, longitude 52° 24' e altitude 687 m. As variáveis utilizadas foram: radiação solar global em MJ/m²/dia, temperaturas máxima e mínima em °C, umidade relativa média do ar em %, velocidade do vento em m/s, medida a 10 m de altura e chuva em mm, ocorridas no período de 16 de fevereiro a 31 de março de 2006.

Os parâmetros edáficos adotados no modelo corresponderam ao solo da estação meteorológica da Embrapa Trigo e pertence à unidade de mapeamento Passo Fundo, atualmente classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico – Lvd 3 (STRECK et al., 2002), relevo ondulado e substrato basalto. Os parâmetros, camadas e profundidade do solo, foram delimitados em função da profundidade máxima dos tensiômetros, enquanto que a textura do solo avaliado foi definida por Câmara (2004). As condições do perfil e as características físicas do solo avaliado, necessárias para a simulação, foram definidas localmente por Cunha (2003) e constam na Tabela 2.

A avaliação foi realizada admitindo uma gramínea perene, cultivada sem irrigação, cujos parâmetros, constantes ao longo do ano, estão apresentados na Tabela 3.

TABELA 3 - Parâmetros da gramínea perene

Parâmetro	
Profundidade média do sistema radicular (m) ¹	0,30
Coefficiente de cultura ¹	1,0

Fonte: ¹Dam et al. (1997).

A comparação entre os valores estimados e os valores medidos foi realizada, admitindo uma relação

TABELA 2 - Condições do perfil e características físicas do solo da estação meteorológica da Embrapa Trigo

Parâmetro	
Camada	Horizonte A
Profundidade adotada (cm)	60
Textura ¹	29 % areia; 10 % silte; 61 % argila; 4 % MO
Umidade gravimétrica na Capacidade de Campo UG _c (%) ²	0,27
Umidade gravimétrica no Ponto de Murcha Permanente UG _{pm} (%) ²	0,23
Densidade do solo d_s (g/cm ³) ²	1,35

Fonte: ¹câmara (2004); ² curva de retenção da umidade do solo determinada por Cunha (2003)

linear expressa por:

$$P_i = bO_i$$

onde O_i é cada valor medido, P_i é cada valor estimado, b é o coeficiente de regressão, avaliado pelo teste t para $\beta=1$, conforme Allen et al. (1989). Os valores estimados foram, também, correlacionados com os medidos através dos indicadores estatísticos: *precisão*, dada pelo coeficiente de correlação “ r ” (ALLEN et al., 1989); *exatidão*, através do índice de Willmott “ d ” (WILMOTT, 1982) e *de desempenho* “ c ” (CAMARGO e SENTELHAS, 1997), obtidos respectivamente através das equações:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N (O_i - O)(P_i - P)}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (O_i - O)^2 \sum_{i=1}^N (P_i - P)^2}}$$

$$d = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^N (|P_i - O|^2 + |O_i - O|^2)} \right]$$

$$c = rd$$

Onde O é a média dos valores medidos, P é a média dos valores estimados e N é o número de pares de valores estimados e medidos. A *precisão*, dada pelo coeficiente de correlação, indica o grau de dispersão dos dados obtidos em relação à média. A *exatidão* relaciona-se com o afastamento dos valores estimados em relação aos observados, variando de zero, para nenhuma concordância, a um, para concordância perfeita. O *desempenho* pode variar de zero a um e é considerado bom a partir de valores acima de 0,66 (CAMARGO e SENTELHAS, 1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de umidade volumétrica do solo obtidos na simulação do balanço de água no sistema solo-planta-atmosfera, através do modelo ISAREG, em comparação aos valores medidos pelo tensiômetro encontram-se na Tabela 4. Conforme representada na

TABELA 4 - Umidade volumétrica média do solo gramado, em cm^3/cm^3 , relacionada às tensões medidas no tensiômetro ($\vartheta_{\text{Tensiômetro}}$) e simulado pelo modelo ISAREG ($\vartheta_{\text{ISAREG}}$), no período de 16 de fevereiro a 31 de março de 2006, Passo Fundo, RS

DIA	Tensiômetro	ISAREG	DIA	Tensiômetro	ISAREG
1	0,275	0,270	23	0,250	0,234
2	0,252	0,270	24	0,251	0,243
3	0,243	0,261	25	0,247	0,237
4	0,238	0,252	26	0,247	0,234
5	0,237	0,244	27	0,246	0,232
6	0,252	0,240	28	0,245	0,231
7	0,250	0,252	29	0,237	0,231
8	0,248	0,243	30	0,230	0,230
9	0,269	0,238	31	0,228	0,230
10	0,272	0,270	32	0,277	0,230
11	0,263	0,270	33	0,278	0,270
12	0,262	0,270	34	0,288	0,270
13	0,257	0,260	35	0,280	0,270
14	0,285	0,250	36	0,292	0,270
15	0,275	0,270	37	0,294	0,270
16	0,266	0,265	38	0,288	0,270
17	0,271	0,262	39	0,284	0,265
18	0,271	0,270	40	0,281	0,257
19	0,265	0,260	41	0,271	0,248
20	0,260	0,251	42	0,300	0,247
21	0,256	0,241	43	0,288	0,270
22	0,242	0,236	44	0,284	0,261

Figura 1, a regressão linear entre os valores medidos e estimados indicou o alto potencial de aderência do modelo ISAREG.

O valor obtido do coeficiente de regressão, $b=0,9592$, é classificado como altamente significativo pelo teste t para $\beta=1$, indicando que os valores estimados são, estatisticamente, iguais aos medidos, ao nível de significância de 1 %.

O desempenho do modelo ISAREG foi, também, avaliado através dos indicadores estatísticos *precisão*, *exatidão*, e *de desempenho* e o resultado encontra-se discriminado na Tabela 5. De acordo com os cálculos efetuados, o alto coeficiente de correlação obtido indicou o pequeno grau de dispersão dos dados em relação à média; o índice de concordância acima da média indicou a boa exatidão do modelo; o valor do indicador

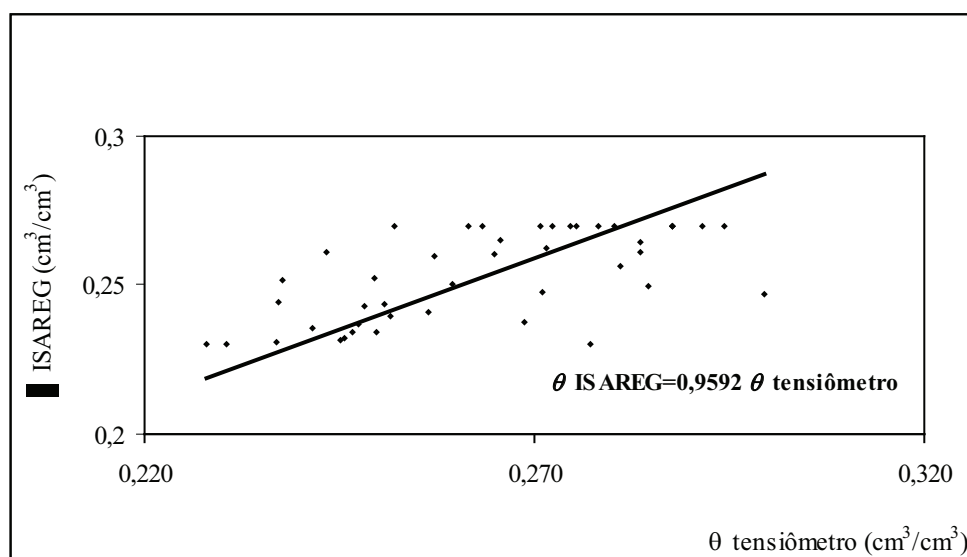


FIGURA 1 - Análise da regressão linear entre os valores da umidade volumétrica do solo gramado, em cm^3/cm^3 , obtidos pelo modelo ISAREG ($\vartheta_{\text{ISAREG}}$) e pelo tensiômetro ($\vartheta_{\text{Tensiômetro}}$), no período de 16 de fevereiro a 31 de março de 2006, Passo Fundo, RS

TABELA 5 - Precisão (r), exatidão (d) e desempenho (c) calculado para a relação entre os valores da umidade volumétrica do solo gramado, simulados pelo modelo ISAREG e medidos no tensiômetro, no período de 16 de fevereiro a 31 de março de 2006, Passo Fundo, RS

Estatística	valor
r	0,9984
d	0,7942
c	0,7929

de desempenho obtido na avaliação classificou o modelo como *muito bom*, conforme a escala proposta por Camargo e Sentelhas (1997).

No entanto, estes resultados foram obtidos para uma variação de umidade bastante estreita, correspondendo a um intervalo de 0,23 a 0,30 cm³/cm³

de umidade volumétrica, correspondendo às variações observadas durante apenas a estação de verão. Porém, os resultados positivos obtidos, que validam o uso do modelo ISAREG para simulação do balanço de água do solo nas condições avaliadas, confirmam Pereira et al. (2003) que relatam uma bem sucedida aplicação do modelo em várias regiões.

CONCLUSÃO

Nas condições em que foi realizada a avaliação, o modelo ISAREG simulou, satisfatoriamente, o balanço hídrico do solo, validando sua utilização na região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R.G.; JENSEN, M.E.; WRIGHT, J.L.; BURMAN, R. Operational Estimates of Reference Evapotranspiration. **Agronomy Journal**, Madison, v.81, p.650-662, 1989.
- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements**. Rome: FAO, 1998. 300p. Irrigation and Drainage, 56.
- CÂMARA, R.K. **Influência da Escarificação do Solo sob Sistema de Plantio Direto nas Propriedades do Solo e na Cultura da Soja**. 2004. 96p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Produção Vegetal, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2004.
- CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P.C. Avaliação do Desempenho de Diferentes Métodos de Estimativa da Evapotranspiração Potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.5, n.1, p.89-97, 1997.
- CUNHA, G.R. **Curva Característica do Solo da Unidade Embrapa Trigo**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 22 maio 2003. [Comunicação pessoal]. Mensagem recebida por <cjobim@terra.com.br> em 10 fev. 2006.
- DAM, J.C. van; FEDDES, R.A. Numerical Simulation of Infiltration, Evaporation and Shallow Groundwater Levels with the Richards Equation. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v.233, n.1-4, p.72-85, 2000.
- PESQ. AGROP. GAÚCHA, PORTO ALEGRE, v.15, n.2, p.91-98, 2009.

- DAM, J.C. van; HUYGEN, J.; WESSELING, J. G.; FEDDES, R. A.; KABAT, P.; WALSUM, P. E. V.; GROENENDIJK, P.; DIEPEN, C. A. van. **Theory of SWAP Version 2.0: Simulation of Water Flow, Solute Transport and Plant Growth in the Soil – Water – Atmosphere – Plant Environment**. Wageningen: Wageningen Agricultural University / DLO, 1997. 167p. Disponível em: <http:// and Technology Library, 44.
- REICHARDT, K. **Dinâmica da Matéria e da Energia em Ecossistemas**. 2.ed. Piracicaba: ESALQ, Depto. de Física e Meteorologia, 1996. 160p.
- SOUZA, J.L.M. de. **Modelo para Análise de Risco Econômico Aplicado ao Planejamento de Projetos de Irrigação para Cultura do Cafeeiro**. 2001. 253p. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo. Unidade Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Área de concentração Irrigação e Drenagem, Piracicaba, 2001. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/>. Acesso em: 05 fev. 2006.
- STRECK, E.V.; KÄMPF, N. ; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C.; SCHNEIDER, P. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS; UFRGS, 2002. 126p.
- TEIXEIRA, J.L., PEREIRA, L.S. ISAREG: An Irrigation Scheduling Model. **ICID Bulletin**, New Delhi, v.41, n.2, p.29-48, 1992.
- THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The Water Budget and its Use in Irrigation**. Washington, D.C.: ed., 1955. p.346-358. Yearbook of Agriculture.

- WILMOTT, C.J. Some Comments on the Evaluation of Model Performance. **Bulletin American Meteorogogical Society**, Boston, v.63, n.11, p.1309-1313, 1982.
- YU, B.; SOMBATPANIT, S.; ROSE, C. W. Characteristics and Modeling of Runoff Hydrographs for Different Tillage Treatments. **Soil Science Society of America Journal**, Stanford, v.64 n.5, p.1763-1770, 2000. Disponível em: <<http://soil.scijournals.org/>>. Acesso em: 05 fev. 2007.

Temperatura do solo favorável para o início da semeadura do arroz irrigado no Estado do Rio Grande do Sul

Silvio Steinmetz¹, Ronaldo Matzenauer², Jaime Ricardo Tavares Maluf³, Jean Samarone Almeida Ferreira⁴

Resumo - O Rio Grande do Sul é o maior produtor de arroz irrigado do Brasil, contribuindo com cerca de 60% da produção nacional. No sistema de semeadura predominante, o convencional, as baixas temperaturas do solo constituem-se num problema no início do período de semeadura. No trabalho, teve-se como objetivo caracterizar a temperatura média do solo desnudo, a 5,0 cm de profundidade, durante os meses de setembro e outubro, visando indicar os períodos favoráveis para iniciar a semeadura de arroz irrigado no Rio Grande do Sul. Foram utilizados os dados médios diários de temperatura do solo desnudo, de 30 estações meteorológicas tendo, a maioria delas, entre 20 e 40 anos de dados. A partir destes, foram calculadas as médias por decêndios dos meses de setembro e outubro. Usando-se os programas Idrisi e Surfer os dados foram espacializados, gerando-se um mapa para cada decêndio dos dois meses considerados. Duas classes de temperatura do solo foram estabelecidas, ou seja, menor que 20°C e maior ou igual a 20°C, sendo esta última usada como referência para indicar o início do período de semeadura. A temperatura do solo favorável para o início da semeadura do arroz ($T_s \geq 20^\circ\text{C}$) começa no terceiro decêndio de setembro, para apenas sete localidades (Uruguaiana, Alegrete, São Borja, Santa Maria, Santa Rosa, Santo Augusto e Taquari), mas no terceiro decêndio de outubro, ela é favorável em todo o Estado, exceto em Caxias do Sul.

Palavras-chave - *Oryza sativa* L., período de semeadura, regionalização, temperaturas baixas, risco climático.

Favorable soil temperature to begin the irrigated rice sowing period in the State of Rio Grande do Sul, Brazil

Abstract - The State of Rio Grande do Sul is the main producer of irrigated rice in Brazil, corresponding to about 60% of the national rice production. In the predominant sowing system (dry seeds in dry soils), the low soil temperatures can be a problem at the beginning of the sowing period. The objective of this study was to characterize the bare soil temperature, at 5,0 cm depth, during September and October, aiming to indicate the favorable periods to begin sowing rice in the State of Rio Grande do Sul, Brazil. The daily bare soil temperature average from 30 meteorological stations of the State, most of them having between 20 and 40 years of data, were used. From these data, the ten-day period averages, of September and October, were calculated. The maps, one for each ten-day period, were done using the softwares Idrisi and Surfer. Two classes of soil temperature were used being the first lower than 20°C and the second equal to or higher than 20°C. The second class was used as reference to indicate the beginning of the sowing period. The results indicate that the favorable soil temperature to begin sowing starts on the second ten-day period of September, for only seven localities (Uruguaiana, Alegrete, São Borja, Santa Maria, Santa Rosa, Santo Augusto and Taquari), but in the third ten-day period of October, it is favorable in the entire State, except in Caxias do Sul.

Key words - *Oryza sativa* L., sowing period, agro-ecological regions, low temperatures, climatic risk.

INTRODUÇÃO

O Rio Grande do Sul é o maior produtor de arroz irrigado do Brasil, tendo contribuído, na safra 2007/2008, com 61% da produção nacional (CONAB, 2008). O sistema de semeadura predominante é o convencional (VERNETTI JÚNIOR e GOMES, 2004), que utiliza sementes secas em solos secos, ou com pouca umidade superficial, para permitir o uso de máquinas.

Um problema crítico para o cultivo do arroz no Rio Grande do Sul são as baixas temperaturas do solo no início do período de semeadura, ou seja, de fins de setembro até meados de outubro, dependendo da região. Elas podem retardar a emergência das plântulas em mais de 20 dias, especialmente das cultivares mais sensíveis (TERRES, 1991). Isso faz com que a população de plantas fique desuniforme e, em geral, aquém da recomendada para obter-se altas produtividades. Nessas condições, em

¹ Engº Agrº, Dr., Pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Caixa Postal 403, 96001-970, Pelotas, RS.

E-mail: silvio@cpact.embrapa.br

² Engº Agrº, Dr., Pesquisador da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária, Secretaria de Ciência e Tecnologia, RS, Bolsista do CNPq, Rua Gonçalves Dias, 570 – Menino Deus – 90130-060, Porto Alegre, RS. E-mail: ronaldo-matzenauer@fepagro.rs.gov.br

³ Engº Agrº, MSc., Pesquisador da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária – SCT/RS. Rua Gonçalves Dias, 570 – CEP 90.130-060, Porto Alegre, RS. E-mail: jaime-maluf@fepagro.rs.gov.br

⁴ Bacharel Ciências da Computação, Mestrando em Geomática PPGG/UFSM-Bolsista do Laboratório de Estudos Agrários e Ambientais, ex-bolsista do Laboratório de Agrometeorologia da Embrapa Clima Temperado E-mail: jean.ferreira@gmail.com

que as sementes ficam expostas, por mais tempo, à ação dos fungos de solo ou da própria semente, o tratamento de sementes com fungicidas (RAMIREZ e MENEZES, 2003) ou com ácido giberélico e fungicida (PINCIROLI et al., 2005) favorece o estabelecimento de plântulas de arroz. Em condições de baixa temperatura do solo, inferior a 20°C, também deve-se ter cuidados especiais com a infestação de invasoras, como o capim-arroz, por exemplo, pelo fato delas terem maior tolerância ao frio do que as plantas de arroz, conseguindo germinar em temperaturas mais baixas (KWON et al., 1996).

A literatura indica valores diferenciados de temperatura para a ocorrência da germinação e da emergência do arroz. Segundo Yoshida (1981), a temperatura crítica mínima para a sua germinação é de 10°C e para a emergência e estabelecimento das plântulas é de 12°C a 13°C. As temperaturas críticas ótimas para essas duas fases são, respectivamente, de 20°C a 35°C e de 25°C a 30°C. Dentro da faixa de temperatura ótima, os processos de germinação e emergência das plântulas são acelerados com o aumento da temperatura (NISHIYAMA, 1976). Em condições controladas, Amaral e Santos (1983) constataram que o período médio de emergência foi de 25,4; 12,8; 6,2 e 5,2 dias para temperaturas do solo de 16°C, 23°C, 30°C e 37°C, respectivamente.

Estudos anteriores indicam que a temperatura do solo apresenta características bem diferenciadas de acordo com as regiões climáticas do Estado (MALUF et al., 2000; STEINMETZ et al., 2001; STEINMETZ et al., 2007b). Portanto, o mapeamento dessa variável pode auxiliar os produtores a diminuir o risco associado às baixas temperaturas do solo nas semeaduras do cedo e, ao mesmo tempo, ser útil para o zoneamento agrícola da cultura (STEINMETZ e BRAGA, 2001; STEINMETZ et al., 2007a).

No trabalho teve-se como objetivo caracterizar a temperatura média do solo desnudo, a 5,0 cm de profundidade, durante os meses de setembro e outubro, visando indicar os períodos favoráveis para iniciar a semeadura de arroz irrigado no Rio Grande do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados os dados médios diários de temperatura do solo desnudo, a 5,0 cm de profundidade, de 30 estações meteorológicas do Rio Grande do Sul, sendo 29 delas pertencentes à Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária, da Secretaria de Ciência e Tecnologia – FEPAGRO/SCT/RS e a outra (Pelotas – Capão do Leão) do convênio Embrapa/UFPel/Inmet, com períodos de dados distintos (Tabela 1). As três estações com menores séries de dados (Bagé, Marcelino Ramos e Santo Ângelo) foram incluídas apenas para melhorar a representação espacial das informações. Embora a produção de arroz se concentre na metade sul do Rio Grande do Sul (CENSO, 2006), foram utilizadas estações meteorológicas de todo o Estado pois, em termos climáticos, ele pode ser cultivado em praticamente todo o Estado (STEINMETZ et al., 2005).

A partir das médias diárias, obtidas pela média aritmética das leituras nos geotermômetros, realizadas às 9, 15 e 21 horas (Hora Legal Brasileira) (MALUF et al., 2000), foram calculadas as médias por decêndios dos meses de setembro, outubro, novembro e dezembro, período em que é feita a semeadura do arroz irrigado no Rio Grande do Sul (STEINMETZ et al., 2007a). Foram estabelecidas duas classes de temperatura do solo, ou seja, menor que 20°C e maior ou igual a 20°C. Usando-se os programas Idrisi e Surfer (método kriging) os dados foram espacializados, gerando-se um mapa para cada decêndio dos meses de setembro e outubro, período em que as temperaturas do solo são mais baixas e podem afetar o início da semeadura. A temperatura de 20°C representa o limite inferior da faixa de temperatura ótima para a germinação das sementes (YOSHIDA, 1981) e tem sido usada como referência para indicar o início do período de semeadura de uma dada localidade ou região (STEINMETZ e BRAGA, 2001; STEINMETZ et al., 2007a).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando-se as 30 estações meteorológicas utilizadas, verifica-se que a temperatura média do solo desnudo, a 5,0 cm de profundidade (T_s), aumenta de 16,9°C no 1º decêndio de setembro para 22,6°C no 3º

Tabela 1 - Estações meteorológicas com suas coordenadas geográficas, sub-regiões agroecológicas (*) a que pertencem e período de dados utilizados no trabalho.

Estação Meteorológica	Latitude	Longitude Oeste	Altitude (m)	Sub- região agroecológica	Período
	Sul				
Cachoeirinha	29°57'02"	51°06'02"	7	1a	1975-1999
Guaíba (Eldorado do Sul)	30°05'52"	51°36'00"	46	1b	1965-1990
Taquari	29°48'15"	51°49'30"	76	1b	1963-1999
Santa Maria	29°41'25"	53°48'42"	138	1c	1963-1997
Osório (Maquiné)	29°40'49"	50°13'56"	32	2a	1960-1998
Rio Grande	32°01'02"	52°09'32"	3	2b	1960-1999
Vacaria	28°30'00"	50°42'21"	955	3b	1966-1993
Caxias do Sul	29°10'25"	51°12'21"	740	4a	1986-1999
Farroupilha	29°14'30"	51°26'20"	702	4a	1963-1999
Veranópolis	28°56'14"	51°33'11"	705	4b	1960-1998
Passo Fundo	28°15'39"	52°24'33"	678	5a	1966-1984
Erechim	27°37'46"	52°16'33"	760	5b	1966-1999
Cruz Alta	28°38'21"	53°36'42"	473	5e	1973-1990
Júlio de Castilhos	29°13'26"	53°40'45"	516	5e	1960-1999
Marcelino Ramos	27°27'40"	51°54'22"	383	7b	1981-1989
Santa Rosa	27°51'50"	54°25'59"	360	7c	1975-1999
Santo Augusto	27°54'16"	53°45'14"	380	7c	1970-1985
Ijuí	28°23'17"	53°54'50"	448	8	1963-1994
Santo Ângelo	28°18'13"	54°15'45"	275	8	1986-1990
Itaqui	29°07'10"	53°32'52"	53	9	1987-1999
São Borja	28°39'44"	56°00'15"	96	9	1960-1999
Alegrete	29°46'47"	55°47'15"	116	10a	1966-1985
São Gabriel	30°20'27"	54°19'01"	124	10a	1963-1999
Uruguaiana	29°45'23"	57°05'12"	69	10a	1963-1990
Bagé	31°20'13"	54°06'21"	216	10b	1975-1981
Quaraí	30°23'17"	56°26'53"	100	10b	1966-1999
Santana do Livramento	30°53'18"	55°31'56"	210	10b	1966-1981
Encruzilhada do Sul	30°32'35"	52°31'20"	420	11	1960-1998
Pelotas (Capão do Leão)	31°52'00"	52°21'24"	13	12a	1974-2000
Jaguarão	32°01'44"	52°05'40"	11	12b	1975-1986

(*)Fonte: RIO GRANDE DO SUL, 1994.

decêndio de outubro (Tabela 2). Pelos dados da Tabela de plântulas emergidas é inferior àquela obtida com 2 se constata, também, que no primeiro e segundo temperaturas mais elevadas, mesmo que as sementes decêndios de setembro, em algumas localidades tem-se sejam tratadas com fungicida (RAMIREZ e MENEZES, temperaturas iguais ou inferiores a 16°C e 18°C. A 16°C, 2003).

o período de emergência pode retardar em torno de 25 Com a espacialização dos dados da Tabela 2 dias (AMARAL e SANTOS, 1983). A 18°C, a quantidade observa-se que nos dois primeiros decêndios de setembro

Tabela 2 - Temperatura média do solo desnudo, a 5,0 cm de profundidade, nos decêndios de setembro e outubro em 30 localidades do Estado do Rio Grande do Sul.

Localidade	Temperatura média do solo (°C) (5,0 cm)					
	Setembro			Outubro		
	1	2	3	1	2	3
Alegrete	18,2	18,4	20,1	21,2	22,7	24,1
Bagé	15,1	16,1	18,3	18,5	19,9	21,4
Cachoeirinha	17,5	18,3	19,1	20,2	21,0	22,2
Caxias do Sul	14,8	14,8	15,2	16,9	18,0	19,4
Cruz Alta	16,5	17,5	18,6	20,6	21,3	22,8
Encruzilhada do Sul	15,2	16,0	17,2	18,7	19,6	20,7
Erechim	17,1	17,6	18,5	19,6	20,9	22,2
Farroupilha	16,0	16,8	17,9	18,9	19,9	21,1
Guaíba	16,7	17,7	19,0	20,6	21,3	23,2
(Eldorado do Sul)						
Ijuí	17,4	18,4	19,8	21,1	22,4	23,5
Itaqui	17,7	17,6	18,9	20,2	21,3	23,4
Jaguarão	15,4	16,7	18,7	19,2	19,8	21,9
Julio de Castilhos	16,3	17,1	18,3	19,5	21,1	22,3
Marcelino Ramos	17,4	17,9	18,4	20,8	21,8	23,5
Osório (Maquiné)	17,5	18,4	19,5	20,6	21,2	22,4
Passo Fundo	16,1	17,1	18,0	18,9	19,6	21,3
Pelotas (Capão do Leão)	16,1	17,0	18,2	19,3	20,7	22,0
Quaraí	17,7	18,3	19,9	20,9	22,6	24,0
Rio Grande	17,0	17,9	19,4	20,8	21,6	23,1
Santa Maria	18,7	19,4	20,7	22,0	23,0	24,0
Santa Rosa	18,7	19,3	20,2	21,6	22,5	23,8
Santana do Livramento	15,7	16,4	18,8	19,0	20,8	21,4
Santo Augusto	18,0	19,4	20,7	21,6	23,0	24,3
Santo Ângelo	16,9	17,0	18,3	21,4	20,6	23,4
São Borja	18,3	19,2	20,4	21,7	23,1	24,1
São Gabriel	16,8	17,5	19,0	20,0	21,1	22,5
Taquari	18,2	18,8	20,2	21,3	22,4	23,5
Uruguaiana	17,3	17,8	20,2	21,4	22,5	24,1
Vacaria	15,3	16,2	17,5	18,8	19,5	21,5
Veranópolis	16,0	16,8	17,8	19,3	20,2	21,4
Média	16,9	17,6	18,9	20,2	21,2	22,6

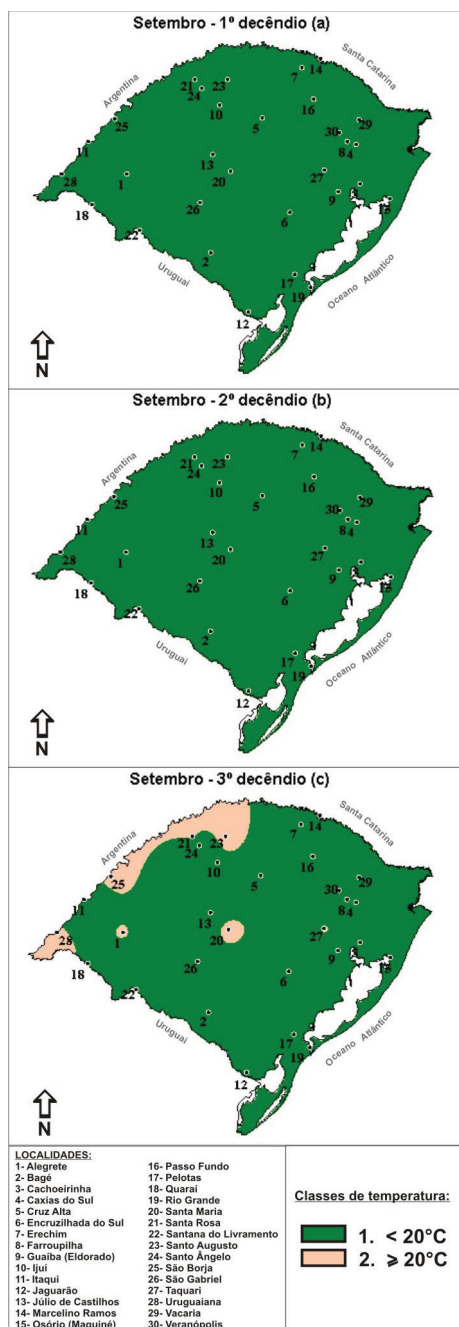


Figura 1 - Classes de temperatura do solo desnudo, a 5,0 cm de profundidade, nos três decêndios de setembro, no Estado do Rio Grande do Sul.

ocorre, em todo o Estado, a classe de $T_s < 20^\circ\text{C}$ (Figuras 1a,b) não sendo, portanto, recomendável a semeadura do arroz. Por outro lado, por apresentar $T_s \geq 20^\circ\text{C}$, a semeadura do arroz pode ser iniciada no 3º decêndio de setembro mas em apenas algumas localidades, como Uruguaiana, Alegrete, São Borja, Santa Maria, Santa Rosa, Santo Augusto e Taquari (Figura 1c e Tabela 2).

No 1º decêndio de outubro (Figura 2a), há um aumento considerável na área em que pode ser iniciada a semeadura. Entretanto, a temperatura do solo ainda não é recomendada para a semeadura em várias localidades situadas nas regiões da Campanha, da Serra do Sudeste e do Litoral Sul, tais como: Bagé, Encruzilhada do Sul,

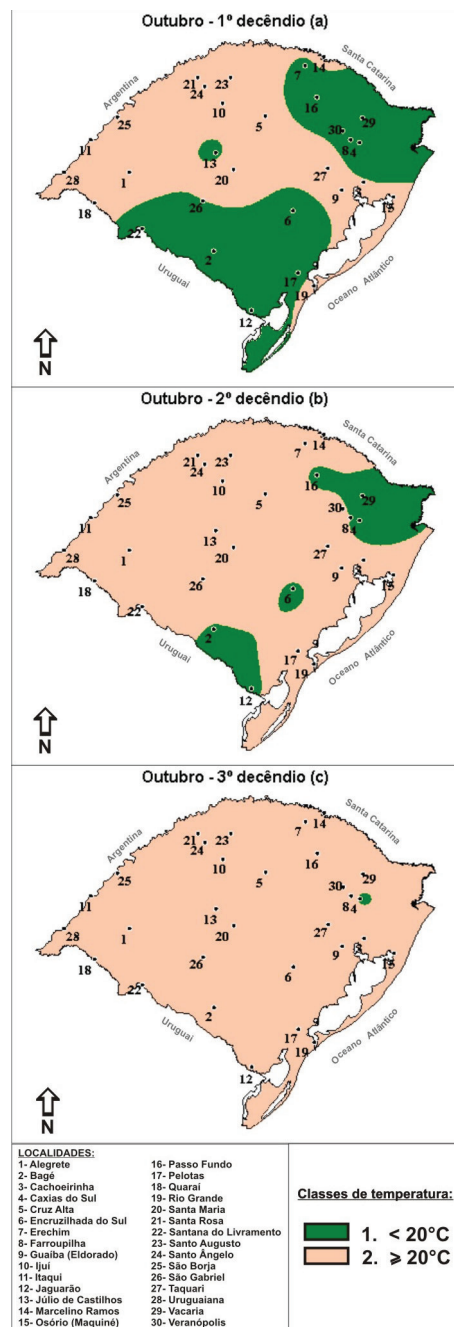


Figura 2 - Classes de temperatura do solo desnudo, a 5,0 cm de profundidade, nos três decêndios de outubro, no Estado do Rio Grande do Sul

Jaguarão, Pelotas (Capão do Leão), Santana do Livramento e São Gabriel. A outra área, em que a semeadura não deve ser realizada no 1º decêndio de outubro, ou antes, envolve as localidades de maior altitude do Estado tais como: Caxias, Farroupilha, Veranópolis, Vacaria, Passo Fundo, Erechim e Marcelino Ramos (Figura 2a).

No 2º decêndio de outubro, na metade sul do Estado, considerada a área orizícola mais importante, apenas nas localidades de Bagé, Jaguarão e Encruzilhada do Sul ocorrem temperaturas médias do solo inferiores a 20°C (Figura 2b e Tabela 2). No 3º decêndio de outubro, as temperaturas médias são superiores a 20°C em todas as localidades estudadas, exceto em Caxias do Sul (Figura

2c e Tabela 2).

Pelos resultados obtidos neste trabalho são constatadas diferenças acentuadas na temperatura do solo desnudo entre as distintas regiões agroecológicas do Rio Grande do Sul, o que está de acordo com os obtidos por Maluf et al. (2000), para os decêndios de julho a setembro.

O mapeamento das áreas indicando, em termos médios, quando a temperatura do solo é favorável para iniciar a semeadura é uma informação importante que os produtores de arroz irrigado podem utilizar como instrumento de planejamento nas suas propriedades. Essa informação também é útil para os estudos de zoneamento agrícola, que definem os períodos de semeadura recomendados para essa cultura em cada município do Estado (STEINMETZ et al., 2007a). Deve-se ressaltar, entretanto, que em algumas situações, em função de outras variáveis consideradas, a época de início de semeadura recomendada pelo zoneamento agrícola pode não ser exatamente aquela indicada pela temperatura do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, A. dos S.; SANTOS, E.C. dos. Efeito da Umidade e da Temperatura do Solo na Emergência de Plântulas de Arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.5, n.1, p. 43-54, 1983.
- CENSO da Lavoura de Arroz Irrigado do Rio Grande do Sul Safra 2004/05. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 54, n. 440, p. 5-9, 2006.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira. Grãos. Safra 2007/2008: Décimo Primeiro Levantamento. Agosto/2008. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em 28 ago. 2008.
- KWON, Y.W.; KIM, D.S.; PARK, S.W. Effect of Soil Temperature on the Emergence-Speed of Rice and Barnyardgrasses under Dry Direct-Seeding Conditions. **Korean Journal of Weed Science**, v.16, n.2, p.81-87, 1996.
- MALUF, J.R.T.; MATZENAUER, R.; CAIAFFO, M.R. Análise e Representação Espacial da Temperatura de Solo Desnudo, PESQ. AGROP. GAÚCHA, PORTO ALEGRE, v.15, n.2, p.99-104, 2009.

CONCLUSÕES

Os valores de temperatura média do solo desnudo, a 5,0 cm de profundidade, são crescentes do primeiro decêndio de setembro ao terceiro decêndio de outubro, indicando diferenças acentuadas entre as regiões agroecológicas do Rio Grande do Sul;

A temperatura média do solo favorável para o início da semeadura do arroz ($T_s \geq 20^\circ\text{C}$) ocorre no terceiro decêndio de setembro apenas em sete das localidades utilizadas (Uruguaiana, Alegrete, São Borja, Santa Maria, Santa Rosa, Santo Augusto e Taquari), mas no terceiro decêndio de outubro, ela é favorável em todo o Estado, exceto em Caxias do Sul.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária, da Secretaria Estadual de Ciência e Tecnologia– FEPAGRO/SCT/RS e à Universidade Federal de Pelotas - UFPel, pela cedência dos dados de temperatura do solo usados nesse trabalho.

Visando a Antecipação da Semeadura de Culturas de Primavera-Verão, no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.8, n.2, p.239-246, 2000.

NISHIYAMA, I. Effects of Temperature on the Vegetative Growth of Rice Plants. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. **Climate and Rice**. Los Baños, 1976. p. 159-185.

PINCIROLI, M.; MAIALE, S.; BEZUS RODOLFO, V.; ALFONSO, A. Arroz: Efecto de la Aplicación de GA3 en Distintos Genotipos Durante los Primeros Estadios del Desarrollo de la Planta en Condiciones Térmicas Subóptimas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 26., 2005, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2005. p. 218-220.

RAMÍREZ, H.; MENEZES, V.G. Estabelecimento de Plantas de Arroz Irrigado com Sementes Tratadas com Carboxin + Thiram em Diferentes Condições de Temperatura do Solo e Profundidade de Semeadura. In: CONGRESSO BRASILEIRO

- DE ARROZ IRRIGADO, 3.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 25., 2003, Balneário Camboriú. **Anais...** Itajaí: EPAGRI, 2003. p. 215-217.
- RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Agricultura e Abastecimento. **Macrozoneamento Agroecológico e Econômico do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 1994. 2 v.
- STEINMETZ, S.; BRAGA, H.J. Zoneamento de Arroz Irrigado por Épocas de Semeadura nos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n.3, (Nº Especial: Zoneamento Agrícola), p.429-438, 2001.
- STEINMETZ, S.; FAGUNDES, P.R.R.; MARIOT, C.H.P.; WREGGE, M.S.; MATZENAUER, R.; MALUF, J.R.T.; FERREIRA, J.S.A. **Zoneamento Agroclimático do Arroz Irrigado por Épocas de Semeadura no Estado do Rio Grande do Sul (versão 4)**. Pelotas:Embrapa Clima Temperado, 2007a. 34p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 199).
- STEINMETZ, S.; MALUF, J.R.T.; MATZENAUER, R.; AMARAL, A.G.; FERREIRA, J.S.A. **Temperatura do Solo: Fator Decisivo para o Início da Semeadura do Arroz Irrigado no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2001. 2p. (Embrapa Clima Temperado. Comunicado Técnico, 56).
- STEINMETZ, S.; MALUF, J.R.T.; MATZENAUER, R.; FERREIRA, J.S.A. Temperatura do Solo Desnudo Durante o Período de Implantação do Arroz Irrigado no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Piracicaba, v.15, n.2, p.184-191, 2007b.
- STEINMETZ, S.; WREGGE, M.S.; HERTER, F.G.; REISSER JÚNIOR, C.; FERREIRA, J.S.A.; MATZENAUER, R. MALUF, J.R.T.; **Macrozoneamento Climático para o Arroz Irrigado no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005. 20 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 137).
- TERRES, A.L. Melhoramento de Arroz Irrigado por Tolerância ao Frio no Rio Grande do Sul, Brasil. In: REUNION SOBRE MEJORAMIENTO DE ARROZ EN EL CONO SUR. 1989, Goiânia. **Mejoramiento de arroz**. Montevideo:IICA, 1991. p. 91-103. IICA. Dialogo, 33.
- VERNETTI JÚNIOR, F. de J.; GOMES, A. da S. Sistema Convencional de Arroz Irrigado. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M; de. (Eds.). **Arroz Irrigado no Sul do Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 339-348.
- YOSHIDA, S. **Fundamentals of Rice Crop Science**. Los Baños : IRRI, 1981. 269p.

Utilização de medidas corporais para avaliação de novilhos Braford em diferentes ofertas de campo nativo no Bioma Pampa - Região da Campanha, Rio Grande do Sul, Brasil

Giselda da Silva Pires¹, Marilise Mesquita², Júlio César G. da Silveira³, César Augusto Cunha Corrêa⁴, Ruth G. Calone Gomes⁵, Geraldo Luis Hillebrand⁵

Resumo - O objetivo geral deste estudo foi identificar em novilhos Braford, no Bioma Pampa/RS, a medida morfométrica que melhor se correlacionou com o peso vivo, em diferentes ofertas de campo nativo (4, 8, 12 e 16 Kg de MS verde de forragem nativa/100 Kg peso vivo/dia) e nas estações do ano. Foram realizados dois experimentos: um com novilhos de recria até a terminação e outro com novilhos de terminação. A característica que apresentou a mais alta correlação com o peso vivo foi o perímetro torácico, $r=0,92$ e $r=0,87$ respectivamente, quando se considerou somente as diferentes ofertas de forragem nativa. Quando foi considerado, no modelo, o efeito das estações do ano nas ofertas 4, 8, 12 e 16%, o perímetro torácico variou junto com o peso vivo.

Palavras-chave - Bovinos de corte, oferta de forragem nativa, medidas morfométricas, perímetro torácico.

Use of body measures for Bradford breeds evaluation under different offers of native pasture in the Pampa Biome - Region of Campanha, Rio Grande do Sul, Brazil

Abstract - The general objective of this study was to identify, in Bradford breeds raised in the Pampa/RS Biome, a morph metric measure which shows better correlations with live weight. The measures evaluated were compared under the levels of native pasture of 4, 8, 12 and 16% (Kg of green DM of native forage per 100kg of live weight per day and by year season). It was analyzed two experiments, one with steers from the finishing phase and the other one at the finishing phase. The characteristic with show high correlation with live weight, in both experiments, was the thoracic perimeter, $r=.92$ and $r=.87$ respectively, considering only the different forage on offer levels. When this measure considers the different offers and year season, it was affected by the live weight in different offer of native pasture.

Key-words - beef cattle, forage offer, a morph metric measure, thoracic perimeter.

INTRODUÇÃO

A verificação do peso vivo dos bovinos de corte é importante em várias etapas do manejo, principalmente para adequar a carga animal ao aporte alimentar. Também as avaliações das medidas corporais dão um indicativo do desenvolvimento muscular, ósseo e de tecido adiposo, bem como da sanidade do rebanho. A verificação do peso vivo de bovinos em balança é uma avaliação objetiva da condição corporal, que embora seja precisa, pode variar em função de fatores como conteúdo intestinal e ruminal, prenhez, hidratação, tamanho e raça. Como alternativa ao método objetivo, está o método subjetivo, que é a avaliação da condição corporal através de escores. As medidas morfométricas se correlacionam com o peso vivo do animal, e podem ser utilizadas para a avaliação

de ganho de peso, além do uso da balança e da estimativa visual da condição corporal. As medidas mais citadas na literatura para prever o peso vivo são: perímetro torácico, comprimento do animal, altura da garupa e da cernelha. No entanto, a acurácia da predição é mais alta, quando mais de uma medida é considerada (HEIRINCHS et al. 1992; KHALIL e VACCARO, 2002). Por outro lado Reis et al. (2008) sugere que a inclusão de outras variáveis explicativas (altura de garupa, comprimento de garupa e comprimento corporal), não justifica o custo adicional da medição, sendo o perímetro torácico a medida melhor correlacionada com o peso vivo. Heinrichs et al. (1992) também observaram que seria de pouco valor a adição de segunda medida para prever o peso corporal.

Além do peso, o tamanho dos bovinos também pode ser estudado através de mensurações corporais

¹ Zootecnista, Pesquisadora M.Sc. Pesquisadora da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária, Rua Gonçalves Dias, 570, Porto Alegre-RS, CEP 90130-060, Fone (51) 32888026, giselda-pires@fepagro.rs.gov.br

² Médica Veterinária, Pesquisadora Dra. Fepagro

³ Médico Veterinário, Pesquisador Fepagro Campanha

⁴ Zootecnista, Pesquisador Fepagro

⁵ Médico Veterinário, Pesquisador Fepagro

lineares. Segundo Northcutt et al. (1992), as mensurações corporais lineares, como altura e comprimento, são mais precisas na determinação do tamanho do animal do que o peso propriamente dito, uma vez que a gordura subcutânea pode sofrer flutuações periódicas em função do estado nutricional. As medidas corporais como altura, comprimento do animal e perímetro torácico são mais constantes nas raças puras, já que em animais mestiços ocorrem grandes variações em decorrência principalmente da composição genética dos animais (MENEZES et al. 2008). Segundo Freneau et al. (2008) o peso vivo, a condição corporal e o perímetro torácico são medidas que variam anualmente em torno de 15%, 31% e 7,0% respectivamente, devido às flutuações climáticas. Segundo Reis et al. (2008) as medidas corporais de machos e novilhas, de maneira geral, apresentam altas correlações com o peso vivo. Em contrapartida, em vacas, apenas a medida de perímetro torácico apresenta maior associação com o peso corporal. Os mesmos autores salientam que atualmente há no mercado brasileiro fitas que estimam o peso com base no perímetro torácico, mas que foram confeccionadas segundo medidas e pesos de animais leiteiros *Bos taurus* e que poderiam ser aprimoradas com dados obtidos nas condições locais.

No rebanho geral do Rio Grande do Sul, uma característica importante é a desuniformidade dos animais, devido aos diferentes cruzamentos entre raças e entre subespécies (*Bos taurus taurus* e *Bos taurus indicus*). A avaliação das medidas corporais é um método rápido, barato e fácil de avaliar o estado nutricional e sanitário de um rebanho, mesmo em sistemas produtivos com diferentes padrões raciais e com menos infra-estrutura, como em propriedades sem balança. As medidas corporais instrumentalizam o produtor para a tomada de decisão no sistema, auxiliam no controle alimentar e também são ferramentas para seleção genética do rebanho. O objetivo deste estudo foi avaliar em novinhos Braford, no Bioma Pampa/RS, qual a medida morfométrica que melhor se correlaciona com o peso vivo, nas diferentes ofertas de forragem nativa e estações do ano, a fim de utilizá-la como ferramenta para tomada de decisão no manejo da propriedade.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fepagro Campanha, Latitude 31° 24' 15'', longitude 53° 52' 10'', altitude 196 metros, Hulha Negra- RS, dentro do Bioma Pampa. O solo predominante é do tipo Chernossolo Argilúvio Órtico Vértico, unidade de mapeamento Ponche Verde. A vegetação que compõe a pastagem nativa do local é composta por espécies de gramíneas rizomatosas e estoloníferas com a presença de leguminosas, com maior crescimento na primavera e principalmente no verão.

Este estudo foi realizado com duas repetições e em dois grupos de animais: experimento I (dezembro de 2003 a julho de 2006, animais que entraram no experimento após o desmame, com peso médio inicial de 166 kg e permaneceram até o abate); experimento II (outubro de 2005 a dezembro de 2007, animais que entraram no experimento na fase de terminação, com peso médio inicial de 249 kg e permaneceram até o abate). Os tratamentos consistiram de quatro intensidades de pastejo (alta, média, baixa e muito baixa), caracterizadas pelos níveis de ofertas de forragem: 4, 8, 12 e 16% (Kg de MS verde de forragem nativa por 100 Kg de peso vivo por dia). Durante o período experimental os animais tiveram controle sanitário periódico, sal mineral e água fornecida à vontade.

Em cada experimento foram utilizados 32 animais da raça Braford, divididos, o mesmo número de animais, entre as diferentes ofertas. A área experimental total foi de 70 ha. O sistema de pastejo foi contínuo com ajuste da carga animal a cada 28 dias, com animais reguladores, de acordo com as ofertas pré-determinadas de matéria seca, utilizando a técnica de animais reguladores (*put and take*) descrita por Mott e Lucas (1952). O ajuste era feito baseado nos dados de massa de forragem.

A cada término de estação do ano (primavera, verão, outono e inverno), os animais foram pesados com jejum de 12-16 horas de sólidos e líquidos. As medidas foram realizadas com fita métrica para as variáveis perímetro torácico (fita contornando o tórax, na região da cernelha, passando pelas axilas), perímetro de braço (junto a axila) e comprimento corporal total (medida entre a crista nugal até a última vértebra lombar). A régua

(Johnson level 48" adjust-a-square) para altura de garupa quando os animais eram terneiros e hipômetro para medida de altura de garupa dos animais adultos (distância entre a ponta do ísquio ao solo).

O abate dos animais foi realizado quando o lote atingiu um peso médio de 520 Kg, quando se esperou uma espessura mínima de 3 mm de gordura na carcaça, para animais terminados em campo nativo. Este peso de abate foi considerado adequado para animais da raça Braford, a fim de atingir as especificações exigidas pelos frigoríficos quanto à melhor tipificação de carcaça e preço a rendimento.

Os dados coletados foram avaliados pela análise de variância pelo pacote estatístico SISVAR 5.1 (FERREIRA, 2000) e quando detectadas diferenças, as médias foram comparadas pelo teste Tukey ao nível de significância de 5%. Foi realizada a análise de regressão, pelo pacote estatístico SPSS (1998).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias das características medidas nos animais em função das diferentes ofertas de forragem nativa de 4, 8, 12 e 16% (Kg de MS verde de pastagem nativa por 100 Kg de peso vivo por dia) estão descritas na Tabela 1 (Experimento I: dez/2003 a jul/2006) e na Tabela 2 (Experimento II: out/2005 a dez/2007).

A média do peso vivo dos animais que receberam 12% de oferta de campo nativo foi superior a média dos animais da oferta de 4 e 8%, mas não diferiu da oferta de 16%

somente diferiram dos animais da oferta de 4%. Quanto à altura de garupa não houve diferença significativa entre os tratamentos, no entanto, quanto ao comprimento total, os animais submetidos às ofertas de 8, 12 e 16% diferiram dos animais da oferta de 4%. Ficou demonstrado que os animais que receberam maior oferta de forragem apresentaram um maior perímetro torácico, medida esta, que está relacionada ao desenvolvimento muscular (ROCHA et al. 2003). O perímetro torácico foi maior nos animais das ofertas de 12 e 16% quando comparados à oferta de 4%. Quanto ao perímetro de braço, a oferta de 12% foi a que proporcionou maior desenvolvimento muscular. Estes resultados concordam com Pinto et al. (2007), que comprovaram que situações de oferta de forragem muito baixa, como no tratamento de 4% penalizam fortemente o desenvolvimento muscular dos animais.

Os resultados da Tabela 2 demonstram que o peso vivo médio dos animais submetidos a uma oferta de forragem nativa de 12% apresentou diferença em relação aos animais submetidos à oferta de 4%. Na oferta de 16% todas as características medidas foram semelhantes ao grupo com oferta de forragem de 12%. Também quanto ao peso vivo, os animais submetidos a uma oferta de 16% tiveram média diferente dos animais dos grupos de 4 e 8% de forragem nativa, mas não diferiram dos animais da oferta de 12%. Uma hipótese para este resultado seria de que, numa oferta de 16%, os animais tornam-se mais seletivos, favorecendo o maior desenvolvimento

Tabela 1 - Efeito das diferentes ofertas de forragem nativa, nas variáveis medidas em bovinos de corte da raça Braford em Hulha Negra (Experimento I- dez/2003 a jul/2006) Valores das médias e desvio padrão.

Oferta forragem em campo nativo (% PV)	Peso vivo médio Kg	Altura de garupa (m)	Comprimento corporal total (m)	Perímetro torácico (m)	Perímetro de braço (m)
4	232,10 ± 53,10 ^a	1,21 ± 0,13 ^a	1,50 ± 0,12 ^a	1,48 ± 0,12 ^a	0,56 ± 0,08 ^a
8	273,49 ± 76,72 ^b	1,33 ± 0,58 ^a	1,58 ± 0,11 ^b	1,53 ± 0,12 ^{ab}	0,58 ± 0,09 ^{ab}
12	316,37 ± 67,95 ^c	1,28 ± 0,07 ^a	1,60 ± 0,12 ^b	1,59 ± 0,11 ^b	0,62 ± 0,11 ^b
16	290,49 ± 63,89 ^{bc}	1,26 ± 0,07 ^a	1,59 ± 0,12 ^b	1,57 ± 0,12 ^b	0,59 ± 0,07 ^{ab}

Valores na mesma coluna seguidos de diferentes letras diferem entre si (P<0,05) Teste de Tukey.

Tabela 2 - Efeito das diferentes ofertas de forragem nativa, nas variáveis medidas em bovinos de corte da raça Braford em Hulha Negra (Experimento II- out/2005 a dez/2007).

Oferta forragem em campo nativo (%PV)	Peso vivo médio Kg	Altura de garupa (m)	Comprimento corporal total (m)	Perímetro torácico (m)	Perímetro de braço (m)
4	257,70 ± 37,40 ^a	1,27 ± 0,05 ^a	1,60 ± 0,09 ^a	1,50 ± 0,06 ^a	0,55 ± 0,04 ^a
8	302,10 ± 46,00 ^{bc}	1,32 ± 0,05 ^{bc}	1,64 ± 0,09 ^a	1,60 ± 0,07 ^b	0,59 ± 0,03 ^b
12	332,00 ± 53,25 ^{cd}	1,34 ± 0,06 ^{cd}	1,75 ± 0,10 ^b	1,70 ± 0,11 ^c	0,62 ± 0,04 ^c
16	360,00 ± 77,50 ^d	1,35 ± 0,05 ^d	1,78 ± 0,12 ^b	1,70 ± 0,13 ^c	0,64 ± 0,04 ^c

Valores na mesma coluna seguidos de diferentes letras diferem entre si (P<0,05) Teste de Tukey.

de espécies nativas pouco aceitas, e características da pastagem nativa da região, como o caraguatá e a macega estaladeira (SENAR, SEBRAE, FARSUL 2005). Este fenômeno pode levar a uma redução da superfície pastoril, limitando o consumo pelos animais, determinando que ofertas de 12 e 16% não apresentem diferenças quanto ao peso vivo médio dos animais dos dois grupos.

Quanto à altura de garupa, os animais da oferta de 12% apenas diferiram dos animais da oferta de 4%. Segundo Northcutt et al. (1992) a mensuração linear, como a altura, é mais precisa na determinação do tamanho à maturidade do que a mensuração do peso vivo, pois a gordura subcutânea pode sofrer flutuações periódicas, de acordo com a oferta de alimento, enquanto as medidas corporais lineares são constantes. Isto foi observado no presente estudo, onde a altura de garupa, apenas foi diferente na oferta de 4%, que foi a oferta que mais penalizou o desenvolvimento dos animais. Quanto ao perímetro torácico, os animais submetidos à oferta de 12% diferiram dos animais das ofertas de 4 e 8%. Também o perímetro de braço diferiu nos animais que foram submetidos a uma maior disponibilidade de oferta de pastagem nativa (12 e 16%), demonstrando um melhor desenvolvimento muscular nas melhores ofertas. Prajapati et al. (1991) e Rocha et al. (2003) observaram que o comprimento e a altura variam em função de crescimento do esqueleto, atingindo um limiar à maturidade, sendo o perímetro torácico função do crescimento muscular. Estes achados confirmam os resultados do presente estudo que demonstraram menor diferença para as medidas lineares

nas diferentes ofertas de campo nativo.

Segundo Freneau et al. (2008), algumas medidas corporais variam durante o ano, como por exemplo, o peso vivo, o perímetro torácico e a condição corporal variam em torno de 15%, 7,0% e 31%, respectivamente. O efeito das quatro estações do ano, nas quatro diferentes ofertas de forragem nativa, sobre o perímetro torácico, está demonstrado nas Figuras 1 e 2 (Experimentos I e II respectivamente).

De acordo com a análise estatística os dados apresentados na Figura 1 indicam que: na oferta de forragem nativa 4% a medida de perímetro torácico foi maior na primavera, quando comparada com a medida do outono, possivelmente devido ao ganho compensatório, pelas melhores condições de campo nativo. O mesmo ocorreu na oferta de 12%. Na oferta de 16% a medida da primavera foi diferente da medida do verão. Estas alterações do perímetro torácico, nas diferentes estações do ano, confirmam que esta medida é sensível as alterações de peso vivo (massa muscular e camada de gordura) decorrentes da disponibilidade de oferta de forragem, que varia ao longo do ano no campo nativo, como observaram Northcutt et al. (1992). Já medidas lineares, ou seja, de comprimento de osso, são mais estáveis, porque não variam em função do depósito de gordura e disponibilidade variável de alimento. No presente estudo, a altura de garupa não foi estatisticamente diferente em nenhuma das diferentes ofertas nas diferentes estações do ano.

Os dados do experimento II (Figura 2) demonstram que a medida de perímetro torácico não variou

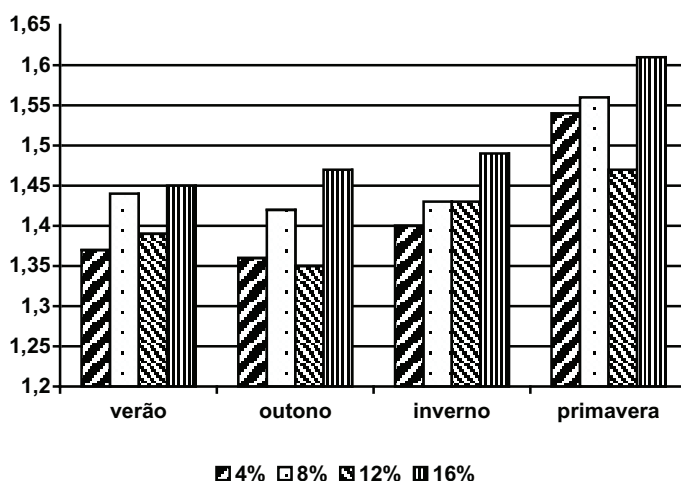


Figura 1- Medida de perímetro torácico dos novilhos Braford, nas diferentes ofertas de campo nativo, nas quatro estações do ano, no período de dezembro de 2003 a julho de 2006, Hulha Negra.

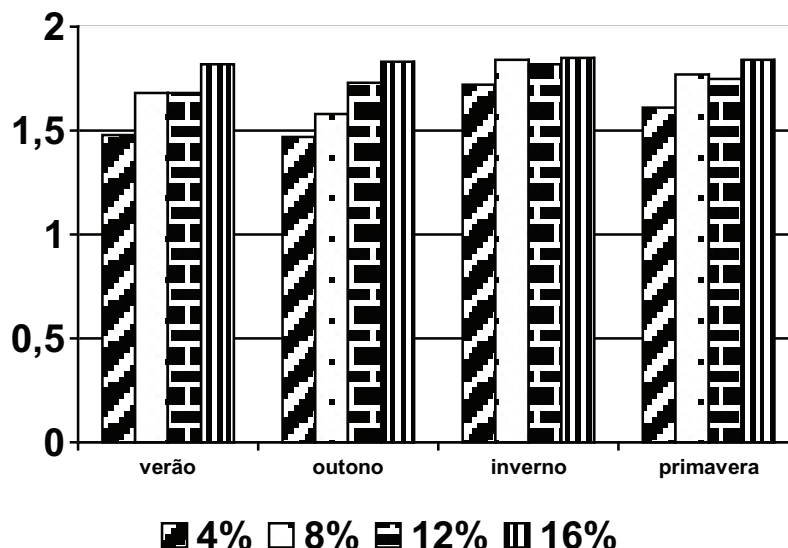


Figura 2- Medida de perímetro torácico dos novilhos Braford, nas diferentes ofertas de campo nativo, nas quatro estações do ano, no período de setembro de 2005 a dezembro de 2007, Hulha Negra.

significativamente nos animais de terminação, quando se considerou o desdobramento das quatro estações do ano em cada oferta de forragem de campo nativo. Quando se analisou cada estação do ano nas diferentes ofertas, verificou-se que apenas no inverno o perímetro torácico foi semelhante entre as quatro ofertas. Nas demais estações, foram observadas diferenças, principalmente entre as ofertas de 4 e 16% (por exemplo na primavera 1,61m e 1,84m respectivamente).

As medidas morfométricas são úteis para se estimar o peso vivo e o tamanho dos animais, embora algumas medidas estejam mais ou menos correlacionadas, dependendo da categoria e sexo do animal (REIS et al. 2008). Vieira et al. (2004) salientam que inúmeras condições fisiológicas, assim como diferentes condições ambientais, de manejo e alimentação, podem influenciar o peso dos animais, enquanto que as medidas morfométricas sofrem menores variações. Nas Tabelas 5 e 6 estão demonstrados os resultados das correlações do

peso vivo com as medidas corporais, nos dois períodos experimentais (recria e terminação Tabela 3, e terminação Tabela 4).

Na Tabela 5 avaliou-se a correlação das medidas morfométricas dos novilhos com o peso vivo, desde a recria até a terminação. As características medidas que apresentaram uma correlação forte com o peso vivo foram: perímetro torácico, comprimento total do animal e perímetro de braço. A correlação mais forte com o peso vivo foi com o perímetro torácico ($r=0,92$).

Na Tabela 6 os dados apresentados indicam que as correlações maiores com o peso vivo foram perímetro torácico e comprimento total do animal. Tanto o perímetro de braço ($r=0,42$) como a altura de garupa ($r=0,68$), não demonstraram correlação forte com peso vivo, diferentemente do experimento I, com animais de recria e terminação. Também para Leite et al. (2006) a medida mais bem correlacionada com o peso corporal em novilhos jovens é o perímetro torácico. Segundo

Tabela 5 - Correlações entre o peso vivo e as variáveis medidas, no período de dez/2003 a jul/2006 (Experimento I), em diferentes ofertas de forragem de campo nativo (Hulha Negra).

Variáveis	Oferta de forragem nativa (%PV)				Correlação média
	4	8	12	16	
Peso vivo x Perímetro torácico	0,89	0,86	0,95	0,97	0,92
Peso vivo x perímetro de braço	0,70	0,77	0,78	0,75	0,76
Peso vivo x comprimento total do animal	0,72	0,79	0,77	0,91	0,81
Peso vivo x altura de garupa	0,63	0,75	0,58	0,87	0,67

Tabela 6 - Correlações entre o peso vivo e as variáveis medidas, no período de set/2005 a dez/2007 (Experimento II), em diferentes ofertas de forragem de campo nativo (Hulha Negra).

Variáveis	Oferta de forragem nativa (%PV)				Correlação média
	4	8	12	16	
Peso vivo x Perímetro torácico	0,91	0,86	0,86	0,86	0,87
Peso vivo x perímetro de braço	0,48	0,16	0,50	0,55	0,42
Peso vivo x comprimento total do animal	0,73	0,59	0,89	0,73	0,73
Peso vivo x altura de garupa	0,54	0,69	0,81	0,69	0,68

Pacheco et al. (2008) a correlação alta e positiva entre peso corporal e circunferência torácica torna possível a utilização desta medida, para estimar o peso corporal dos animais. Estes dados comprovam que esta medida pode ser uma alternativa a ser utilizada pelo produtor, a fim de estimar o peso dos animais. Para Martins et al. (2009) as correlações entre as medidas corporais e os índices produtivos são também uma ferramenta para auxiliar o produtor na tomada de decisões no seu sistema de produção. Os resultados do presente estudo, nas duas fases, indicaram que a característica medida em novilhos Braford, que melhor se correlacionou com o peso vivo foi a medida de perímetro torácico.

CONCLUSÕES

A característica morfométrica em novilhos Braford, que melhor se correlacionou com o peso vivo, foi o perímetro torácico, independente da oferta de forragem nativa disponível, nos dois experimentos. O perímetro torácico variou nas diferentes estações do ano, nas diferentes ofertas. Estes dados confirmam que esta medida é sensível às alterações de peso vivo decorrentes da disponibilidade e qualidade da pastagem nativa, e, portanto é uma ferramenta que pode ser utilizada nas tomadas de decisões no manejo da propriedade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FERREIRA, D.F. SISVAR 4.0, Sisvar. Lavras, MG, 2006.
- FRENEAU, G.E.; SILVA, J.C.C.; BORJAS, A.R.; AMORIN, C. Estudo de Medidas Corporais, Peso Vivo e Condição Corporal de Fêmeas da Raça Nelore *Bos taurus indicus* ao Longo de Doze Meses. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, 9, p. 76-85, 2008.
- HEINRICHS, A.J.; ROGERS, G.W.; COOPER, J.B. Predicting Body Weight and Withers Height in Holstein Heifers Using Body Measurements. **Journal of Dairy Science**, Champaign v.75, p.3576-3581, 1992.
- KHALIL, R.; VACCARO, L. Body Weights and Measurements in Dual Purpose Cows: Their Interrelation and Association With Genetic Merit for Three Production Traits. **Zootecnia Tropical**, Maracay, v.20, p.11-30, 2002.
- LEITE, D.T.; ARBOITTE, M.Z.; BRONDANI, I.L.; RESTLE, J.; MISSIO, R.L.; SILVEIRA, S.R.L. Composição Física da Carcassa e Qualidade da Carne de Bovinos Superjovens Inteiros Charolês e Mestiços Charolês x Nelore. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 28, p. 461-467, 2006.
- MARTINS, C.E.N.; QUADROS, S.A.F.; TRINDADE, J.P.P.; QUADROS, F.L.F.; COSTA, J.H.C.; RADUENZ, G. Forma e Função em Vacas Braford: O Exterior Como Indicativo de Desempenho e Temperamento. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v.58, p.425-433, 2009.
- MENEZES, L.F.G.; RESTLE, J.; KUSS, F.; BRONDANI, I.L.; ALVES FILHO, D.C.; CASTELLAN, J.; OSMARI, M.P. Medidas Corporais de Novilhos das Gerações Avançadas do Cruzamento Rotativo entre as Raças Charolês e Nelore Terminados em Confinamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, p.771-777, 2008.
- MOTT, G.O.; LUCAS, H.L. The Design Conduct and Interpretation of Grazing Trials on Cultivated and Improved Pastures. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 6; 1952. **Proceedings...** Pennsylvania: State College Press, 1952. p. 1380-1395.
- NORTHCUTT, S.L.; WILSON, D.E.; WILLHAM, R.L. Adjusting Weight for Body Condition Score in Angus Cows. **Journal of Animal Science**, Ames, v.70, n.5, p.1342-1345, 1992.
- PACHECO, A.; QUIRINO, C.R.; PINHEIRO, O.L.V.M.; ALMEIDA, J.V.C. Medidas Morfométricas de Touros Jovens e Adultos da Raça Guzerá. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.9, n.3, p.426-435, 2008.
- PINTO, C.E.; CARVALHO, P.C.F.; FRIZZO, A.; FONTOURA JUNIOR, J.A.S.; NABINGER, C.; ROCHA, R. Comportamento Ingestivo de Novilhos em Pastagem Nativa no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, p.319-327, 2007.
- PRAJAPATI, K.B. et al. Relationship Between Different Measures of Body Size in Mehsana Buffaloes. **Indian J.Anim.Sci.**, v.61, n.1, p.88-90, 1991.
- REIS, G.L.; MELO; ALBUQUERQUE, F.H.M.A.R.; VALENTE, B.D.; ET AL. Predição do Peso Vivo a Partir de Medidas Corporais em Animais Mestiços Holandês/Gir. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, p.778-783, 2008.
- PESQ. AGROP. GAÚCHA, PORTO ALEGRE, v.15, n.2, p.105-111, 2009.

- ROCHA, E.D.; ANDRADE, V.J.; EUCLIDES FILHO, K.; VIEIRA, H.C.M.; FREITAS, M.A.R.; LOBO, R.B.; ZAMBIANCHI, NOGUEIRA, E.; FIGUEIREDO, G.R. Tamanho de Vacas A.R.; BEZERRA, L.F.; OLIVEIRA, J.A. Evolução das Características de Crescimento em Rebanhos da Raça Guzerá Participantes de Programas de Melhoramento Genético. In: SIMPÓSIO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO ANIMAL, 5., 2004, Pirassununga. **Anais...** Pirassununga: Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal, 2004.
- SEBRAE; SENAR; FARSUL. Diagnóstico de Sistemas de Produção de Bovinocultura de Corte do Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Senar, 2005. 265 p.
- NOGUEIRA, E.; FIGUEIREDO, G.R. Tamanho de Vacas Nelore Adultas e seus Efeitos no Sistema de Produção de Gado de Corte. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.55, n.4, p.474-479, 2003.

Avaliação de silagens elaboradas com milho produzido sob dois níveis de adubação:

I. Produção e custo operacional

Luiz Adilson dos Santos¹, Hero Alfaya², Antônio André Amaral Raupp³, Werner Erwin Lüder², João Baptista da Silva⁴, Ruben Cassel Rodrigues⁵, José Carlos Leite Reis⁵

Resumo - Este estudo averiguou o efeito de dois níveis de adubação [grãos-NAG (N = 80 kg; P₂O₅ = 50 kg; K₂O = 70 kg); silagem-NAS (N = 160 kg; P₂O₅ = 130 kg; K₂O = 220 kg)] sobre: as produções de matéria fresca (PMF) e matéria seca (PMS), e as disponibilidades de matéria seca digestível (DMSD), nutrientes digestíveis totais (DNDT), proteína bruta (DPB) e proteína bruta digestível (DPBD) por hectare, de duas cultivares de milho (variedade-MV; híbrido-MH) semeadas em parcelas constituídas de 6 linhas de 7 m de comprimento. Após a colheita, o material foi homogeneizado e acondicionado em baldes plásticos (18 x 17 cm). Determinou-se também a composição percentual das partes da planta e o custo operacional total (COT) de produção das silagens. O desenho experimental foi ao acaso em arranjo fatorial 2x2, com quatro repetições. Foram detectadas diferenças significantes para a PMF entre cultivares e entre níveis de adubação por cultivar e para DPB e DPBD entre níveis de adubação. O MH demonstrou melhor desempenho que o MV em todos os parâmetros de produtividade, nos dois níveis de adubação. O NAS propiciou um aumento das produções de todos os parâmetros de produtividade por hectare nas duas cultivares, bem como um aumento da participação do colmo e um decréscimo da participação da espiga sem palha em relação à planta inteira. No NAG o COT dos parâmetros de produtividade foi semelhante nas duas cultivares; no NAS o COT de PMS, DMSD e DNDT e, principalmente, de DPB e DPBD foi maior no MV.

Termos para indexação - matéria fresca, matéria seca, energia, NDT, proteína bruta digestível, Zea mays L.

Evaluation of silages elaborated with corn produced under two fertilization levels: I. Production and operational cost

Abstract - This study was undertaken to investigate the effect of two fertilization levels [for grains-LFG (N = 80 kg; P₂O₅ = 50 kg; K₂O = 70 kg); for silage-LFS (N = 160 kg; P₂O₅ = 130 kg; K₂O = 220 kg)] upon production of fresh matter (FMP) and dry matter (DMP); and the availability of digestible dry matter (DDMA), total digestible nutrients (TDNA), crude protein (CPA) and digestible crude protein (DCPA) per hectare, of two corn cultivars (variety-VC; hybrid-HC) sown in parcels constituted by 6 lines, 7 meters long each. After harvest, the material obtained was homogenized and placed into plastic buckets (18 x 17 cm). Percentile composition of different parts of the corn plant were determined as well as the total operational costs (TOC) of the silages produced. The experimental design was at random in a factorial arrangement 2x2, with four replicates. Significant differences were found for FMP among cultivars and fertilization levels per cultivar and for CPA and DCPA among levels of fertilization. HC has shown better performance than VC in all productivity parameters at both fertilization levels. LFS allowed an increase in production of all productivity parameters per hectare for both cultivars, as well as an increase in stalk participation and a decrease in the participation of corn ear without husks in relation to the whole plant. For LFG the TOC of productivity parameters were similar for both cultivars; for LFS, the TOC of DMP, DDMA and TDNA, and especially for CPA and DCPA was greater for VC.

Index terms - fresh matter, dry matter, energy, digestible crude protein, Zea mays L.

INTRODUÇÃO

A bovinocultura leiteira no Rio Grande do Sul, com a produção de aproximadamente 16 bilhões de litros por ano, é um dos principais segmentos da produção primária. No entorno das bacias leiteiras do Estado, as pequenas propriedades rurais (20 – 60 ha) constituem-

se nos principais abastecedores da indústria de laticínios (BITENCOURT et al., 2000).

Nessas propriedades, além da limitação do espaço físico para a produção de alimentos para os animais, o custo da produção de alimentos para os animais é um importante fator limitante da produtividade e, conseqüentemente, afeta o retorno econômico ao produtor. Assim, a maior

¹ Engenheiro Agrônomo, EMATER-RS, Regional Pelotas - cx.p.: 406 - Rua Três de maio nº. 1060/302, CEP 96010-000, Pelotas-RS. E-mail: lasantos@emater.tche.br.

² Professor, Faculdade de Agronomia – UFPEL, Campus universitário, CEP 96010-970, Pelotas-RS. E-mail: alfaya@ufpel.edu.br, werner.lueder@gmail.com.

³ Engenheiro Agrônomo. Pelotas-RS. E-mail: aaaraupp@hotmail.com

⁴ Professor, Faculdade de Matemática, Estatística e Computação – UFPEL, Campus universitário, CEP 96010-970 Pelotas-RS. E-mail: jbs39@terra.com.br.

⁵ Pesquisador, EMBRAPA Clima Temperado, Campus universitário, CEP 96010-970, Pelotas-RS. E-mail: ruben@cpact.embrapa.com.br, reis@cpact.embrapa.com.br.

produção de alimentos com o menor custo de produção é meta perseguida pelos produtores. Neste sentido, eles utilizam distintos níveis de adubação como forma de diminuir os custos de produção na confecção de silagens; essa prática, geralmente, se reflete na quantidade de silagem produzida, afetando o manejo alimentar dos animais, principalmente, em épocas adversas à produção de outros alimentos.

Conforme levantamento efetuado pela EMATER-RS na bacia leiteira de Pelotas-RS, de modo geral, a adubação máxima utilizada, é aquela recomendada para a produção de grãos, mesmo quando a meta é a produção de silagem. Neste contexto, Pereira (2007) refere que os produtores em geral não investem o suficiente na lavoura destinada à produção de silagem e, freqüentemente, economizam em adubo, sementes e defensivos.

Assim, o objetivo do presente estudo foi comparar o efeito de níveis de adubação para a produção de grãos e para a produção de silagem sobre a produtividade de duas cultivares de milho, bem como verificar o custo operacional total da produção das silagens.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Capão do Leão (Lat. S 31°47'54"; Long. W 52°24'29"), na bacia leiteira da região de Pelotas-RS, sobre solo hidromórfico do tipo Planossolo Háplico eutrófico solodico (designação regional: Pelotas). O clima da região é o temperado úmido, com invernos suaves e jamais secos e, verões geralmente úmidos e chuvosos (VIERS, 1975). A precipitação pluviométrica anual média é de 1350 mm com variação em torno de 20 %, sendo que 16 % da precipitação anual total ocorrem no verão; estiagens de

Tabela 1 - Laudo da análise do solo da área experimental.

Argila (%)	pH	Análise básica				Análise auxiliar		
		Índice SMP	MO (%)	P (ppm)	K (ppm)	Na (ppm)	Al (ppm)	Ca + Mg (me/100 mL)
22	5,3	5,9	1,77	9,5	41,0	36	0,2	4,2

Tabela 2 - Níveis de adubação de base e cobertura com nitrogênio para a produção de grãos e produção de silagem para cultivares de milho.

Níveis de adubação	Adubação(kg/ha)				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	1ª cobertura	2ª cobertura
Prod. de grãos	10	50	70	40	30
Prod. de silagem	30	130	220	80	50

média intensidade ocorrem entre os meses de novembro e fevereiro (MACEDO, 1987).

Foram utilizadas duas cultivares de milho: uma de porte alto (CPA 5202A; variedade; precoce) e outra de porte médio (P 3072; híbrido; super precoce). As cultivares foram escolhidas dentre as mais utilizadas na região, em função da boa adaptação das plantas às características do solo e clima, bem como devido à tolerância às principais doenças da cultura, conforme dados levantados pela EMATER - RS na região. O milho variedade foi incluído também pela possibilidade de se produzir sementes em nível de propriedade. Após a correção da acidez do solo, com 1.250 kg/ha de calcário dolomítico, foi feita a correção da fertilidade do solo da área experimental de acordo com o resultado da análise laboratorial do solo da área experimental (Tab. 1).

Foram utilizados dois níveis de adubação (Tab. 2): para a produção de grãos (3 toneladas) e para produção de silagem, conforme as recomendações da CFS-RS/SC (1994). Foi realizada uma adubação de base e, posteriormente, duas de cobertura com nitrogênio.

Em função da irregularidade das condições climáticas na época – chuvas intensas; estiagem prolongada – a semeadura ocorreu tardiamente (meados de dezembro). O milho foi semeado em linhas com profundidade de 5 cm e espaçamento de 0,9 m entre linhas, deixando-se 7-8 sementes por metro linear (Resende, 1991). Cada parcela experimental era constituída de seis linhas com 7 m de comprimento, na colheita foram desprezadas as bordaduras.

O material a ser ensilado, foi cortado a 10 cm do solo, sendo determinada a produção de matéria fresca (MF) e, depois de colocado em estufa com ventilação de ar forçado a 60°C até a obtenção de peso constante, para

a determinação da produção de matéria seca (MS).

Após a colheita, o material foi homogeneizado e acondicionado em baldes plásticos (18 x 17 cm). Em laboratório, foram determinados pelos métodos convencionais os teores de proteína bruta (PB) e o coeficiente da digestibilidade “in vitro” da matéria seca (DIVMS). Os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram determinados conforme Pionner (1990).

Foram determinadas as produções da matéria fresca (PMF) e da matéria seca (PMS) e as disponibilidades de matéria seca digestível (DMSD), dos nutrientes digestíveis totais (DNDT), de proteína bruta (DPB) e de proteína bruta digestível (DPBD) por hectare.

Foram verificados ainda, a densidade de plantas por hectare (estande), a altura da planta, o peso da planta, bem como a composição percentual das partes da planta (espiga sem palha, palha, colmo, folha) em relação à planta inteira.

Foram comparados os custos operacionais de PMS das silagens das duas cultivares, nos dois níveis de adubação, bem como da DMSD, da DNDT, da DPB e da DPBD. Para esta análise foi considerado o custo operacional total (MONTEIRO e YAMAGUCHI, 2005): 1. valores médios do custo de serviços levantados anualmente no estado do Rio Grande do Sul pela EMATER-RS; 2. custo dos insumos e 3. custo do processo de ensilagem.

O delineamento experimental foi ao acaso em arranjo fatorial 2 x 2, com quatro repetições. O teste de comparação de médias utilizado foi o de Duncan em nível de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram detectadas diferenças significantes na PMF entre cultivares e entre níveis de adubação por

cultivar ($P < 0,05$). Para os parâmetros DPB e DPBD houve diferença significativa ($P < 0,05$) somente entre os níveis de adubação. Os demais parâmetros (PMS; DMSD; DNDT) não diferiram entre si, quanto aos fatores considerados. Não houve interação dos fatores para nenhum dos parâmetros estudados.

Na Tab. 3 encontram-se os resultados absolutos da produção e da disponibilidade dos parâmetros estudados nas duas cultivares de milho, nos dois níveis de adubação. O milho híbrido (MH) produziu 14,4% e 11,3% mais MF do que o milho variedade (MV), nos níveis de adubação para grãos e para silagem, respectivamente. Com a adubação para silagem houve um incremento médio de cerca de 6,0 t/ha da PMF nas duas cultivares.

Os resultados de PMF deste estudo são semelhantes aos obtidos por Rosa et al. (2004) e Mendes et al. (2007) para cultivares de milho, e por Beleze et al. (2004), quando o teor de MS de cinco cultivares de milho encontrava-se entre 27, 0% e 33,0%. Ainda, estes resultados, nos dois níveis de adubação, encontram-se dentro da média do intervalo de produtividade (10-40 t de MF/ha) indicado por França e Coelho (2005) para cultivares de milho melhorado, o que indica uma boa produtividade das cultivares estudadas.

Embora não diferindo estatisticamente entre si, a PMS do MH foi 13,2% e 10,7% maior do que a do MV, nos dois níveis de adubação, respectivamente. O MV (1,35 t) respondeu ligeiramente melhor à adubação para silagem do que o MH (1,26 t). Assim, a adubação para silagem aumentou em média 1,3 t/ha a PMS das duas cultivares. Independentemente do nível de adubação, as PMS determinadas neste estudo encontram-se abaixo da média de 14,2 t/ha ($\pm 1,7$ t) obtida por Oliveira et al. (2003) para 22 híbridos de milho em seis locais da região Sudeste do Brasil; de 13,8 t/ha ($\pm 2,8$ t) determinada por Oliveira

Tabela 3 - Produções de matéria fresca (PMF) e matéria seca (PMS); disponibilidades de matéria seca digestível (DMSD), nutrientes digestíveis totais (DNDT), proteína bruta (DPB) e proteína bruta digestível (DPBD) de cultivares milho, submetidas a dois níveis de adubação.

Parâmetros	Adubação para grãos		Adubação para silagem	
	Variedade	Híbrido	Variedade	Híbrido
PMF (t/ha)	26,639 ^{bb}	31,125 ^{ab}	32,917 ^{ba}	37,125 ^{aa}
PMS (t/ha)	8,061	9,283	9,411	10,543
DMSD (t/ha)	5,179	6,198	6,172	7,039
DNDT (t/ha)	5,428	6,280	6,333	7,150
DPB (kg/ha)	491,25 ^{ab}	562,75 ^{ab}	665,25 ^{aa}	813,75 ^{aa}
DPBD (kg/ha)	348,75 ^{ab}	399,50 ^{ab}	472,25 ^{aa}	577,75 ^{aa}

Médias seguidas por distintas letras minúsculas (entre cultivares por nível de adubação) e maiúsculas (entre níveis de adubação por cultivar) na horizontal diferem entre si pelo teste de Duncan ($\alpha = 0,05$).

et al. (2004) para 23 híbridos de milho em sete locais da região Central do Brasil e de Mittelman et al. (2005), que estudando a produtividade de 21 cultivares de milho híbrido em sete locais da região Sul do Brasil obtiveram a média de 13,1 t/ha ($\pm 4,2$ t). Estes autores concluíram que o desempenho da mesma cultivar é fortemente influenciado pela interação do genótipo da cultivar com o ambiente. De fato, analisando os resultados obtidos por eles nos distintos locais das três regiões, com exceção de alguma cultivar em determinado local, à medida que a latitude aumenta a produtividade das cultivares diminui. Neste contexto, Mittelman et al. (2005) obtiveram médias de PMS de 8,7 t/ha ($\pm 0,95$ t) e 10,0 t/ha ($\pm 2,16$ t) nas mesorregiões Noroeste e Nordeste Rio-grandense, respectivamente. Portanto, os resultados obtidos no presente estudo, nos dois níveis de adubação, são semelhantes àquelas médias e, encontram-se dentro do desvio padrão obtidos por aqueles autores para 21 cultivares de milho no sul da Região Sul do Brasil.

A DMSD foi superior (16,4% e 12,3%) no MH, nos níveis de adubação para grãos e para silagem, respectivamente. O aumento médio da DMSD com a adubação para silagem foi de 0,9 t/ha nas duas cultivares.

Em termos de DNDT, o MH foi 13,6% e 11,4% mais produtivo que o MV, nos dois níveis de adubação, respectivamente. A adubação para silagem propiciou um incremento médio absoluto de 0,9 t/ha de produtividade nas duas cultivares. Observa-se ainda, que os valores obtidos são bastante semelhantes aos da DMSD, o que indica uma boa estimativa destes dois parâmetros.

De um modo geral, a produção excedente de MF, MS, DMS e NDT foi ligeiramente maior no MV do que no MH, quando as cultivares foram adubadas para produção de silagem.

Apesar de não haver diferença significativa entre as cultivares dentro dos níveis de adubação, o MH produziu mais DPB (12,7%) e DPBD (18,2%) por hectare do

que o MV, nos dois níveis de adubação, respectivamente.

No nível de adubação para silagem houve um incremento médio significativo ($P < 0,05$) da DPB do MH de 251,0 kg/ha e da DPBD de 178,0 kg/ha; já o aumento médio das DPB e DPBD do MV foi de 174,0 e 124,0 kg/ha, respectivamente. Assim, o principal efeito do nível da adubação para silagem foi o incremento de 26,2% (MV) e 30,8% (MH) da DPB e da DPBD por hectare.

Observa-se que, embora o nível de adubação para silagem tenha propiciado um aumento médio significativo de 17,7% na PMF das duas cultivares, o aumento médio dos outros parâmetros de produtividade estudados foi mais moderado. Portanto, a comparação da produtividade entre cultivares de milho, independentemente dos níveis de adubação, deve ser realizada com base na DMSD e na DNDT, uma vez que estes parâmetros estão mais relacionados com a real utilização da silagem pelos animais. Esta afirmativa também encontra embasamento quando se analisa os resultados obtidos por Antoniali et al. (2003) com 20 cultivares de milho; neles se verifica que a maior PMF (81,3%; $\pm 11,5$) não significou uma maior PMS (4,35%; $\pm 0,4$). Também os resultados médios obtidos por Beleze et al. (2004) para a PMF (44,95%; $\pm 2,13$) e para a PMS (16,0%; $\pm 0,83$) de cinco cultivares de milho demonstram não haver relação direta entre estes dois parâmetros.

Na Tab. 4 são apresentados os resultados relativos à densidade de plantas (estande) por hectare e às características da planta de cada cultivar, nos dois níveis de adubação.

A análise do estande demonstrou haver diferença ($P < 0,01$) entre as cultivares, sem efeito para níveis de adubação na mesma cultivar. A densidade de plantas foi, em média, 20,7% maior no MH, nos dois níveis de adubação. O estande do MV encontra-se ligeiramente abaixo do limite mínimo (50.000 pl./ha) e o do MH no limite máximo (64.000 pl./ha) preconizados por Peixoto (1992),

Tabela 4 - Estande (ha), altura média da planta (m) no final do ciclo e peso (kg) da planta inteira de cultivares de milho, submetidas a dois níveis de adubação.

Parâmetros	Adubação para grãos		Adubação para silagem	
	Variedade	Híbrido	Variedade	Híbrido
Estande (x 1000)	48,8 ^{ba}	61,1 ^{aa}	49,7 ^{ba}	63,1 ^{aa}
Altura da planta	2,04 ^{aa}	1,69 ^{ba}	2,06 ^{aa}	1,64 ^{ba}
Peso da planta	4,95 ^{ba}	6,37 ^{aa}	5,87 ^{ba}	6,70 ^{aa}

Médias seguidas por distintas letras minúsculas (entre cultivares por nível de adubação) e maiúsculas (entre níveis de adubação por cultivar) na horizontal diferem entre si pelo teste de Duncan ($\alpha = 0,05$).

para a obtenção de silagens de milho de boa qualidade. Por outro lado, analisando 180 cultivares de milho, Pereira Filho e Cruz (2005) indicam haver um espectro bem mais amplo da densidade de plantio preconizada (40.000–70.000 pl/ha) e recomendam densidades mais altas para as cultivares mais precoces. Portanto, os stands obtidos no presente estudo estão de acordo com as características (precocidade; altura) das duas cultivares utilizadas.

Não houve efeito dos níveis de adubação sobre a altura da planta. De acordo com as características genéticas de cada cultivar, o MV foi, em média, 18,8% mais alto ($P<0,01$) que o MH, nos dois níveis de adubação. Houve diferença do peso da planta ($P<0,05$) somente entre cultivares. Apesar do porte mais baixo, a planta do MH foi 22,3% e 12,4% mais pesada do que a do MV, nos níveis de adubação para grãos e para silagem, respectivamente. Em razão da adubação para silagem houve um incremento maior do peso na planta do MV (15,7%) do que na do MH (4,9%), sendo que neste nível de adubação a diferença entre o peso da planta das duas cultivares diminuiu, praticamente, pela metade.

Na Fig. 1 são apresentados os resultados da participação das distintas partes da planta de cada cultivar na MF das plantas, nos dois níveis de adubação.

Com a adubação para silagem houve um decréscimo da participação da espiga no MV (4,8%) e também no MH (3,6%); já a participação da palha aumentou ligeiramente nas plantas das duas cultivares. Neste nível de adubação houve um aumento da participação do colmo de 3,0% no

MV e de 4,5% no MH.

Enquanto no MV houve um ligeiro aumento (0,8%) na participação das folhas, no MH observou-se um decréscimo de 1,1%. Portanto, o nível de adubação para silagem quase não influencia as participações da palha e da folha na planta inteira.

De qualquer sorte, a participação da espiga na planta do MH foi em média 35,0% mais elevada ($P<0,01$) do que na do MV, nos dois níveis de adubação. A maior participação percentual da espiga no MH no presente estudo está de acordo com a indicação de Cruz e Pereira Filho (2005), os quais referem que estudos revelam menor participação de espigas na MS de milhos do tipo variedade do que na de milhos híbrido.

A participação da palha do MV, embora não tenha havido diferença significativa entre os níveis de adubação, foi 25,0% e 37,8% mais elevada no MV do que o do MH, nos dois níveis de adubação, respectivamente.

A participação do colmo não diferiu entre cultivares e níveis de adubação. Entretanto, observa-se uma clara tendência de aumento da participação do colmo no MV e no MH, quando adubados para produção de silagem.

Houve diferença significativa ($P<0,05$) da participação das folhas entre cultivares, somente no nível de adubação para grãos. A participação das folhas foi 9,7% e 2,4% maior no MH do que no MV, nos dois níveis de adubação, respectivamente. Não houve diferença das cultivares entre níveis de adubação; todavia observa-se que a diferença entre as cultivares diminuiu, quando adubadas

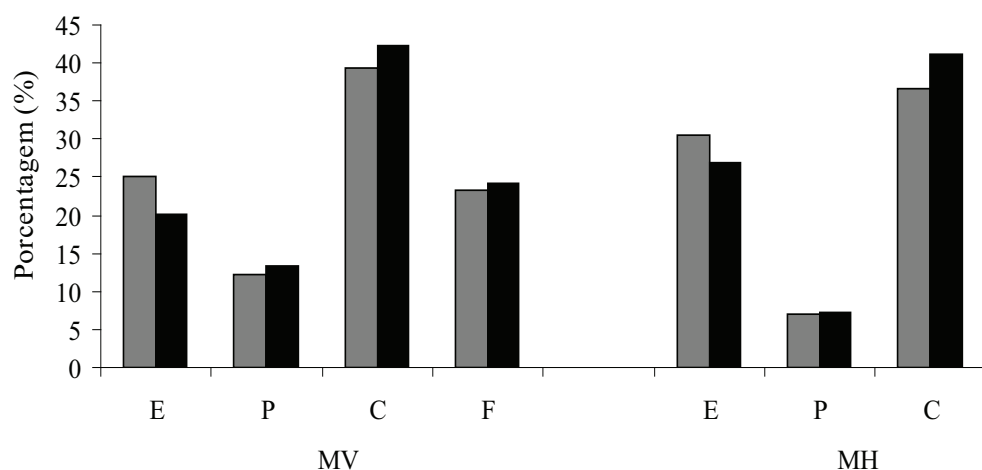


Figura 1 - Composição percentual das partes da planta: espiga (E), palha (P), colmo (C) e folhas (F) na matéria fresca de cultivares de milho variedade (MV) e milho híbrido (MH), adubados para produção de grãos (cinza) e para produção de silagem (preto).

para produção de silagem.

As participações das distintas partes da planta neste estudo são semelhantes àquelas obtidas por Antoniali et al. (2003), que estudando 20 cultivares de milho encontraram altos coeficientes de variação (18,0-24,9%) entre as cultivares, para os mesmos parâmetros aqui estudados; fato que, sem dúvida, se deve, principalmente às características genéticas das distintas cultivares. Entretanto, enquanto a participação da espiga e da palha neste estudo, nos dois níveis de adubação, encontra-se dentro do intervalo de variabilidade obtido por aqueles autores (espiga: 15,7-31,0; palha: 5,5-12,2%), a participação do colmo e da folha no presente estudo foi maior do que as determinadas por eles (colmo: 17,8-34,7%; folha: 12,2-19,2%).

Quando se avalia a relação da planta inteira com as distintas partes da planta, observa-se que o principal efeito da adubação para produção de silagem nas duas cultivares foi o decréscimo da participação da espiga sem palha e o aumento da participação do colmo. Portanto, a PMS da silagem neste nível de adubação aumenta, principalmente, em função do aumento da participação

do colmo, uma vez que as participações da palha e da folha foram mínimas.

O aumento da participação do colmo e a diminuição da participação da espiga no presente estudo devem-se não somente ao maior desenvolvimento vegetativo da planta com a adubação para silagem, mas também à época tardia – meados de dezembro- da semeadura das cultivares. Isto porque, Pereira Filho e Cruz (2005) indicam que quanto mais tardio o plantio do milho, mais rápido é o desenvolvimento da planta e em consequência, ocorre uma maior participação do colmo e queda na participação da espiga.

Na Tab. 5 são apresentados os custos de produção dos parâmetros de produtividade das silagens das duas cultivares.

O custo operacional de PMS das silagens por hectare foi 13,4 % e 6,5% mais elevado no MH do que no MV, nos níveis de adubação para grãos e para silagem, respectivamente. O custo operacional mais alto da PMS no MH deve-se ao valor das sementes no mercado, que foi 94% maior nesta cultivar, mas, principalmente, ao custo mais alto do processo de ensilagem.

Tabela 5 - Custo operacional total da produção de matéria seca (PMS) e das disponibilidades de matéria seca digestível (DMSD), nutrientes digestíveis totais (DNDT), proteína bruta (DPB) e proteína bruta digestível (DPBD) de silagens de cultivares de milho, submetidas a dois níveis de adubação: para grãos (gr.) e para silagem (sil.).

Parâmetro	Produção (t/ha)	(ha)	Custos (R\$)* (t)	(kg)
<u>PMS</u>				
Variedade (gr.)	8,061	1.410,86	175,02	0,18
Híbrido	9,283	1.628,99	175,50	0,18
Variedade (sil.)	9,411	1.976,57	210,02	0,21
Híbrido	10,543	2.114,29	200,54	0,20
<u>DMSD</u>				
Variedade (gr.)	5,179		272,42	0,27
Híbrido	6,198		262,83	0,26
Variedade (sil.)	6,172	-	320,25	0,32
Híbrido	7,039		300,36	0,30
<u>DNDT</u>				
Variedade (gr.)	5,428		259,92	0,26
Híbrido	6,280		259,33	0,26
Variedade (sil.)	6,333	-	312,11	0,31
Híbrido	7,150		295,70	0,30
<u>DPB</u>				
Variedade (gr.)	0,491			2,87
Híbrido	0,563			2,89
Variedade (sil.)	0,665	-	-	2,97
Híbrido	0,814			2,60
<u>DPBD</u>				
Variedade (gr.)	0,349			4,04
Híbrido	0,400			4,07
Variedade (sil.)	0,472	-	-	4,19
Híbrido	0,578			3,66

* Valores com base nos preços da safra 2007; planilha de custo de serviços (EMATER-RS 2007).

No presente estudo, o custo operacional do processo de ensilagem (corte, transporte, distribuição etc.) mais alto no MH se deve à maior produtividade desta cultivar nos dois níveis de adubação, uma vez que a maior produção requer maior investimento nos componentes deste custo. Assim, no nível de adubação para produção de grãos ele foi 16,9 % maior, já no nível de adubação para produção de silagem, embora maior que no MV, a diferença do custo operacional do processo de ensilagem entre as cultivares foi de 6,0 %. Estes resultados estão de acordo com a indicação de Oliveira et al. (2007) de que o custo operacional total diminui com o aumento da produtividade da cultura.

Por outro lado, em função da maior produtividade do MH o aumento do custo operacional total efetivo por hectare foi maior no MV (28,6%) do que no MH (23,0%), quando as duas cultivares foram adubadas para silagem. No nível de adubação para grãos o custo operacional de PMS por tonelada foi semelhante para as duas cultivares; já no nível de adubação para silagem ele foi ligeiramente menor (4,5%) no MH. Assim, a adubação para silagem provocou um aumento de 12,4% e 16,7% no custo operacional por tonelada de PMS do MH e do MV, respectivamente.

O custo operacional por tonelada de DMSD foi 3,7% e 6,5% mais baixo no MH, nos níveis de adubação para grãos e para silagem, respectivamente; o aumento médio do custo operacional deste parâmetro por tonelada foi de 12,5% no MH e 14,9% no MV, quando adubados para silagem.

Em termos de produção de energia, o custo operacional por tonelada foi semelhante para as duas cultivares no nível de adubação para grãos; já no nível de adubação para silagem o custo operacional foi 5,3% menor no MH. A adubação para silagem provocou um aumento do custo operacional por tonelada de DNDT de 12,3% no MH e 16,7% no MV.

Assim, apesar de que o custo operacional total médio da PMS, da DMSD e da DNDT tenha sido menor no MH no nível de adubação para silagem, ele deve ser considerado semelhante para as duas cultivares, pois o incremento médio absoluto do custo operacional situou-se por volta de R\$ 1,00 (PMS; DNDT) e R\$ 2,00 (DMSD) por PESQ. AGROP. GAÚCHA, PORTO ALEGRE, V.15, N.2, P.113-121, 2009.

tonelada de silagem produzida. Entretanto, em função da produtividade da cultivar por hectare, bem como da área a ser utilizada, o custo operacional total pode se elevar consideravelmente.

De um modo geral, o MH demonstrou melhor desempenho que o MV em todos os parâmetros de produção estudados, nos dois níveis de adubação. Evidentemente que, devido ao fato de que a maior PMF não significou um aumento considerável dos demais parâmetros de produtividade estudados, a utilização do nível de adubação para silagem das duas cultivares se justifica, principalmente, pelo aumento da DPB e da DPBD por hectare.

Por outro lado, é importante se considerar que a maior DPB e DPBD por hectare não significa uma melhora da qualidade da silagem. Assim, analisando os resultados obtidos para estes parâmetros fica evidente que a alimentação de animais com a proteína proveniente destes volumosos, além de insuficiente para uma boa produtividade, é cara, uma vez que a maioria das cultivares do milho comercializado no Brasil apresenta teores de proteína entre 7,0-8,0% por kg de MS (OLIVEIRA et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2004; MITTELMAN et. al., 2005; PEDÓ et al., 2007).

Dos resultados obtidos depreende-se que pela maior produtividade do MH e menor custo de produção desta cultivar no nível de adubação para silagem do que o MV, que se deve recomendar a utilização desta cultivar neste nível de adubação. Por outro lado, deve-se considerar ainda que a maior produtividade do MH significa uma maior extração de nutrientes do solo, o que implica num investimento mais alto na adubação da safra subsequente. No caso da utilização do MV como alimento para os animais, o nível de adubação que se recomenda é aquele para produção de silagem.

De qualquer sorte, em função da condição financeira dos pequenos produtores de leite, muitas vezes precária, é importante que a escolha da cultivar e do nível de adubação devam estar associados à otimização do manejo alimentar.

Desta forma, a escolha do nível de adubação para qualquer das cultivares dependerá, primordialmente, da capacidade de investimento do produtor; já a escolha da

cultivar a ser utilizada na confecção da silagem dependerá

produção, nos dois níveis de adubação.

em primeira linha do sistema de produção, considerando a categoria e a quantidade de animais, época do ano e período de alimentação, mas, principalmente, das metas de produção que se pretende atingir, levando-se em consideração o fator custo-benefício (ALFAYA et al., 2009).

CONCLUSÕES

1. A adubação para silagem propicia um aumento das produções de todos os parâmetros de produção por hectare, nas duas cultivares.
2. O milho híbrido demonstra melhor desempenho que o milho variedade em todos os parâmetros de

3. Com a adubação para silagem ocorre um aumento da participação do colmo e um decréscimo da participação da espiga sem palha em relação à planta inteira, nas duas cultivares.
4. No nível de adubação para grãos o custo operacional total dos parâmetros de produtividade é semelhante para as duas cultivares; no nível de adubação para silagem o custo operacional total de PMS, DMSD, DNDT e, principalmente, de DPB e DPBD é maior no milho variedade.
5. É aconselhável a utilização do milho híbrido no nível de adubação para silagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFAYA, H.; LÜDER, W. E.; da SILVA, J. B. et al. Silagens de Híbridos de Sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). Produção, Qualidade e Nutrientes. 2009 (no prelo).

ANTONIALI, M.; REIS, R.A.; MOREIRA, A.L. Avaliação de Cultivares de Milho (*Zea mays* L.) para a Produção de Silagem: Produção de Matéria Seca e Análise Morfológica. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2007, Santa Maria - RS. Anais... Santa Maria: UFSM, 2003. CD-ROM.

BELEZE, J.R.F.; ZEOULA, L.M.; CECATO, U. et al. Avaliação de Cinco Híbridos de milho (*Zea mays* L.) em Diferentes Estádios de Maturação. 1. Produtividade, Características Morfológicas e Correlações. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v. 32, p. 529-537, 2004.

BITENCOURT, D., STUMPF JUNIOR, W., XAVIER, S.S. et al. A Importância da Atividade Leiteira na Economia Agropecuária do Rio Grande do Sul. In: BITENCOURT, D. et al. (Eds.) Sistemas de Pecuária de Leite: Uma Visão da Região de Clima Temperado. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2000. p. 11-26.

CFS-RS/SC. Comissão de Fertilidade do Solo – RS/SC. Recomendações de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 3. ed., Passo Fundo: SBCS – Núcleo Regional Sul/EMBRAPA/CNPT, 1994. 224 p. CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A. Cultivares de Milho para Silagem. In: CRUZ, J.C. et al. (Eds.). Produção e Utilização

de Silagem de Milho e Sorgo (2. ed.). Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2005. p. 11-37.

FRANÇA, G.E.; COELHO, A.M. Adubação do Milho para Silagem. In: : CRUZ, J.C. et al. (Eds.). Produção e Utilização de Silagem de Milho e Sorgo (2. ed.). Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2005. p. 53-83.

MACEDO, W.S.L. Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Município de Bagé – RS. In: MACEDO, W.S.L. (Ed.) Coletânea de Pesquisas: Forrageiras. Bagé: Embrapa Centro Nacional de Pesquisa de Ovinos, 1987. v. 1, p. 285-338.; Embrapa Documentos, 3.

MENDES, F.C.; OLIVEIRA, D.R., FERNANDES, L.O. et al. Avaliação de Cultivares de Milho e Sorgo para a Produção de Silagem em Três Pontas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007, Jaboticabal-SP. Anais... Jaboticabal: UNESP, 2007. CD-ROM.

MITTELMAN, A.; SOUZA SOBRINHO, F.; OLIVEIRA, J.S. et al. Avaliação de Híbridos Comerciais de Milho para Utilização como Silagem na Região Sul do Brasil. Ciência Rural, Santa Maria, v. 35, p. 684-690, 2005.

MONTEIRO, J.A., YAMAGUCHI, L.C.T. Custo de Produção de Silagem. In: : CRUZ, J.C. et al. (Eds.). Produção e Utilização de Silagem de Milho e Sorgo (2. ed.). Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2005. p. 361-382.

OLIVEIRA, D.R., MENDES, F.C., FERNANDES, L.O. et al. Avaliação de Cultivares de Milho e Sorgo para Produção de Silagem em Patos de Minas. In: REUNIÃO ANUAL

- DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007, Jaboticabal-SP. Anais... Jaboticabal: UNESP, 2007. CD-ROM.
- OLIVEIRA, J.S.; SOUZA SOBRINHO, F.; PEREIRA, R.C. et al. Potencial de Utilização de Híbridos Comerciais de Milho para Silagem na Região Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, p. 62-71, 2003.
- ; SOUZA SOBRINHO, F.; REIS, F.A. et al. Híbridos de Milho para Silagem na Região do Brasil Central. **Ars Veterinaria**, Jaboticabal, v. 20, p. 81-90, 2004.
- PEDÓ, L.F.B.; NÖRNBERG, J.L.; CALLEGARO, F.A. et al. Composição Bromatológica de Silagens de Milho Provenientes de Plantas Cultivadas sob Sistema de Irrigação na Depressão Central do Rio Grande do Sul. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007, Jaboticabal-SP. Anais... Jaboticabal: UNESP, 2007. CD-ROM.
- PEIXOTO, C.M. Silagem de Milho. **Informe Técnico Pioneer**, Santa Cruz do Sul, n. 6, p. 1-12 p., 1992.
- PEREIRA, J.R.A. Volumoso Vantajoso. **Informe Técnico Pioneer**, Santa Cruz do Sul, n. 26, p. 7-9, 2007.
- PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J.C. Tratos Culturais do Milho para Silagem. In: : CRUZ, J.C. et al. (Eds.). **Produção e Utilização de Silagem de Milho e Sorgo** (2. ed.). Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2005. p. 85-117.
- PIONEER. **Pioneer Forage Manual** - A Nutritional Guide. Iowa : Des Moines, 1990. 148 p.
- RESENDE, H. Cultura do Milho e Sorgo para Produção de Silagem. Coronel Pacheco: Embrapa Centro Nacional de pesquisa de Gado Leiteiro, 1991. Embrapa Documentos, 51, 107 p.
- ROSA, J.R.P., SILVA, J.H.S., RESTLE, J. et al. Avaliação do comportamento agrônômico da planta e valor nutritivo da silagem de diferentes híbridos de milho (*Zea mays* L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, p. 302-312, 2004.
- VIERS, G. **Climatologia**. Barcelona: Oikos-tau, 1975. 309 p.

Avaliação de silagens elaboradas com milho produzido sob dois níveis de adubação: II. Qualidade

Hero Alfaya¹, Luiz Adilson dos Santos², Antônio André Amaral Raupp³, Werner Erwin Lüder¹, João Baptista da Silva⁵,
Ruben Cassel Rodrigues⁴, José Carlos Leite Reis⁴

Resumo - Com o fim de minimizar os custos de produção, os pequenos produtores da bacia leiteira de Pelotas utilizam como adubação máxima para a produção de silagem, aquela recomendada para produção de grãos. Por isso o estudo averiguou o efeito de dois níveis de adubação (grãos; silagem) sobre a qualidade, o teor e a suficiência de nutrientes para três categorias animais (lactação; crescimento e terminação em bovinos) nas silagens de duas cultivares de milho (variedade; híbrido). Foram estimados os teores dos parâmetros de qualidade (matéria seca, matéria mineral, matéria orgânica, proteína bruta, fibra bruta, extrato não nitrogenado, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, lignina e digestibilidade “*in vitro*” da matéria orgânica) e os nutrientes disponíveis (proteína bruta digestível, nutrientes digestíveis totais, energia metabolizável, energia líquida lactação, energia líquida manutenção, energia líquida ganho, cálcio e fósforo) por kg de matéria seca. Foi estimada a capacidade de produção de leite por tonelada e por hectare. O desenho experimental foi o de blocos completos casualizados, com quatro repetições. Os teores de nutrientes das silagens das duas cultivares, nos dois níveis de adubação, são característicos daqueles encontrados em silagens de milho. A adubação para produção de silagem aumenta os teores da matéria mineral, da proteína bruta e da proteína bruta digestível, bem como o coeficiente de digestibilidade “*in vitro*” da matéria orgânica. As silagens das duas cultivares apresentam energia suficiente para produção de leite e carne, entretanto são muito deficientes em termos proteína, cálcio e fósforo, nos dois níveis de adubação. A adubação para produção de silagem apresenta maior potencial de produção de leite por tonelada e por hectare, nas duas cultivares. É recomendável a utilização do nível de adubação para produção de silagem, bem como a administração de suplemento protéico e de minerais aos animais.

Termos de indexação - digestibilidade “*in vitro*”, energia, nutrientes digestíveis totais, proteína bruta digestível, *Zea mays* L.

Evaluation of silages elaborated with corn produced under two fertilization levels: II. Quality

Abstract - To minimize production costs small farmers at the Pelotas dairy basin use as maximum fertilization level for silage production, the one recommended for grain production. Therefore, this study evaluated the effect of two levels of fertilization (for grains; for silage) upon quality, level and adequacy of nutrients for three groups of animals (lactating, growing and finishing cattle) in silages of two corn cultivars (variety corn; hybrid corn). Quality parameters (dry matter, crude ash, organic matter, crude protein, ether extract, crude fiber, non nitrogen extract, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, and “*in vitro*” organic matter digestibility), as well as available nutrients (digestible crude protein, total digestible nutrients, metabolizable energy, net energy lactation, net energy maintenance, net energy gain, calcium and phosphorus) per kilogram of dry matter were estimated. Milk production capacity, per ton and per hectare, was estimated. The experimental design was the randomized complete blocks, with four replicates. Nutrient levels of silages of both cultivars and at both levels of fertilization are characteristic of those found for corn silages. Fertilization for silage production increases the levels of crude ash, crude protein and digestible crude protein as well as “*in vitro*” organic matter digestibility coefficient. Silages of both cultivars suffice as far as energy for milk and beef is concerned; however, silages of both cultivars are very deficient in protein, calcium and phosphorus at both levels of fertilization. Fertilization level for silage production shows greater potential for milk production per ton and per hectare, for both cultivars. Fertilization level for silage production and protein and minerals for animal supplementation is advisable.

Index terms - “*in vitro*” digestibility, energy, digestible crude protein, total digestible nutrients, *Zea mays* L.

¹ Professor, Faculdade de Agronomia – UFPEL, Campus universitário, CEP 96010-970, Pelotas-RS. E-mail: alfaya@ufpel.edu.br, werner.lueder@gmail.com.

² Engenheiro Agrônomo, EMATER-RS, Regional Pelotas - cx.p.: 406, Rua Três de maio n°. 1060/302, CEP 96010-000, Pelotas-RS. E-mail: lasantos@emater.tche.br.

³ Engenheiro Agrônomo. Pelotas-RS. E-mail: aaaraupp@hotmail.com

⁴ Pesquisador, EMBRAPA Clima Temperado, Campus universitário, CEP 96010-970, Pelotas-RS. E-mail: ruben@cpact.embrapa.com.br, reis@cpact.embrapa.com.br.

⁵ Professor, Faculdade de Matemática, Estatística e Computação – UFPEL, Campus universitário, CEP 96010-970 Pelotas-RS. E-mail: jbs39@terra.com.br.

A bacia leiteira da região de Pelotas no Estado do Rio Grande do Sul é composta, principalmente, por produtores com pequenas (25–60 ha) propriedades (BITENCOURT et al., 2000). Conforme a EMATER-RS, nesses estabelecimentos os animais não destinados à produção de leite geralmente são vendidos ainda jovens ou são terminados e vendidos aos frigoríficos da região, como mais uma forma de ingresso de receita.

Devido ao pequeno espaço físico dessas propriedades para a produção de alimentos e às condições climáticas adversas em determinadas épocas do ano (inverno rigoroso; períodos de estiagem), é necessário que, na estratégia alimentar dos animais, o produtor utilize alimentos conservados em boa parte do ano. Entre as opções de gramíneas utilizadas na elaboração desses alimentos conservados, o milho se destaca por gerar uma silagem com boa fermentação, boa palatabilidade, alto consumo e ótima qualidade, além de apresentar um alto teor de energia em comparação com outras gramíneas.

Por outro lado, a produção de silagens de boa qualidade requer investimentos, que muitas vezes, não estão disponíveis e/ou aumentam os custos de produção. Por esta razão, nas pequenas propriedades rurais, conforme levantamento efetuado por técnicos da extensão rural (EMATER, 1993), os produtores de leite utilizam como adubação máxima para a produção de silagem, aquela recomendada para a produção de grãos, a fim de minimizar os custos. Neste sentido, Pereira (2007) refere que esta prática é bastante comum entre os produtores e traz consigo não somente problemas relativos à produtividade e também à qualidade da silagem produzida.

Por este motivo, foi objetivo do presente estudo mensurar o efeito de dois níveis de adubação (para produção de grãos e para produção de silagem) em duas cultivares de milho sobre: 1. a qualidade e o valor nutritivo das silagens; 2. a suficiência de nutrientes nas silagens para a produção de leite e carne e 3. estimar a capacidade de produção de leite por tonelada e por hectare.

O experimento foi conduzido no município de Capão do Leão (Lat. S 31°47'54"; Long. W 52°24'29"), na bacia leiteira da região de Pelotas-RS, sobre solo hidromórfico do tipo Planossolo Háplico Eutrófico solódico (STRECK et al., 2008). O clima da região é o temperado úmido, com invernos suaves e jamais secos e, verões geralmente úmidos e chuvosos (VIERS, 1975). A precipitação pluviométrica anual média é de 1350 mm com variação em torno de 20 %, sendo que 16 % da precipitação anual total ocorrem no verão; estiagens de média intensidade ocorrem entre os meses de novembro e fevereiro (MACEDO, 1987).

Foram utilizadas duas cultivares de milho: uma de porte alto (CPA 5202A; variedade; precoce) e outra de porte médio (P 3072; híbrido; super precoce). As cultivares foram escolhidas dentre as mais utilizadas na região, em função da boa adaptação das plantas às características do solo e clima, bem como devido à tolerância às principais doenças da cultura, conforme dados levantados pela EMATER-RS (1995) na região. (O milho variedade foi incluído também pela possibilidade de se produzir sementes em nível de propriedade).

Foram utilizados dois níveis de adubação: para a produção de grãos (3 ton./ha) e para produção de silagem, conforme as recomendações da Comissão de Química e Fertilidade do Solo-RS/SC (1994).

A implantação da lavoura experimental e os trabalhos de campo foram conduzidos conforme descrito por Santos et al. (2009). Em função da irregularidade das condições climáticas na época – estiagem prolongada; chuvas intensas – a semeadura ocorreu tardiamente (meados de dezembro). O milho foi semeado em linhas com profundidade de 5 cm e espaçamento de 0,9 m entre linhas, deixando-se 7-8 sementes por metro linear (Resende, 1991).

Após 150 dias de ensilagem, foram determinados por métodos convencionais de laboratório, os valores do pH, a matéria seca (MS), a matéria mineral (MM), a matéria orgânica (MO), a proteína bruta (PB), o extrato etéreo (EE), a fibra bruta (FB) e calculados os extrativos não nitrogenados (ENN), conforme a Association of Official

Analytical Chemists (1995). Foram determinados ainda os componentes da fração fibrosa: fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (LIG), conforme Goering e Van Soest (1970), e o coeficiente de digestibilidade “in vitro” da matéria orgânica (DIVMO) de acordo com Tilley e Terry (1963).

Os teores dos nutrientes digestíveis totais (NDT) foram estimados de acordo com McDowell et al. (1975) e Pioneer (1990). A proteína bruta digestível (PBD), a energia metabolizável (EM), a energia líquida lactação (ELI), a energia líquida manutenção (ELm) e a energia líquida ganho (ELg) por kg de matéria seca foram determinadas conforme Ensminger et al. (1990), Kirchgessner (1989) e o NRC (1984, 1989, 1996). Os minerais cálcio (Ca) e fósforo (P) foram determinados conforme Tedesco et al. (1995). Todos os parâmetros foram determinados em quadruplicatas.

Foi estimado o potencial de produção de leite das silagens por tonelada e por hectare, através do programa Milk 95 (UNDERSANDER et al., 1993), considerando-se as condições (animal, produtividade e alimento) descritas por Mittelman et al. (2005).

O delineamento experimental foi o de blocos completos casualizados com quatro repetições. Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância. O teste de comparação de médias utilizado foi o de Duncan em nível de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de produção do material a ser ensilado foram descritos por Santos et al. (2009). Observou-se efeito da cultivar ($P<0,01$) sobre os teores de

Tabela 1 - Análise químico-bromatológica: valor médio do pH e teores médios de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB) e extrato não nitrogenado (ENN) de silagens de duas cultivares de milho, submetidos a dois níveis de adubação (em %).

Parâmetros	Adubação para grãos		Adubação para silagem	
	Variedade	Híbrido	Variedade	Híbrido
pH	3,61	3,56	3,51	3,56
MS	32,74	31,66	30,83	30,20
MM	5,03 ^{ab}	5,00 ^{ab}	5,50 ^{aA}	5,60 ^{aA}
MO	94,97	95,00	94,50	94,40
PB	6,07 ^{ab}	5,97 ^{ab}	7,06 ^{aA}	7,68 ^{aA}
EE	2,12 ^{bA}	2,50 ^{aA}	2,02 ^{bA}	2,63 ^{aA}
FB	22,40	21,30	21,90	21,80
ENN	64,80	64,70	62,60	63,40

Médias seguidas por distintas letras minúsculas (entre cultivares por nível de adubação) e maiúsculas (entre níveis de adubação por cultivar) na horizontal diferem entre si pelo teste de Duncan ($\alpha = 0,05$).

EE e da DIVMO. O nível de adubação influenciou os teores da MM e da PB ($P<0,01$) e da DIVMO ($P<0,05$). Os demais parâmetros não foram influenciados pelos fatores. Não houve interação dos fatores.

Os teores médios dos parâmetros de qualidade e o valor do pH das silagens das duas cultivares de milho utilizadas encontram-se listados na tabela 1.

Os valores de pH nas silagens das duas cultivares, nos dois níveis de adubação, são característicos daqueles de silagens de boa qualidade, uma vez que quanto mais ácido o meio, maior é a atividade das bactérias homofermentativas produtoras de ácido láctico e, em consequência, mais rápido ocorre a estabilidade do material ensilado (OLIVEIRA, 2005). Ainda, os valores de pH obtidos estão intimamente relacionados com uma alta formação de ácido láctico (MOISIO e HEIKONEN, 1994).

Os teores de MS determinados para as duas cultivares encontram-se dentro dos limites (29,0-33,0%) determinados para silagens de milho (ENSMINGER et al., 1990; NRC, 1996). Também Berto et al. (1998) determinaram uma média de 33,7% de MS para as silagens de 34 unidades de produção agrícola, em várias regiões do Rio Grande do Sul.

Quando se relaciona o potencial hidrogeniônico e a MS determinados no presente estudo, estima-se haver ocorrido uma boa fermentação no interior dos silos (MÜLBACH, 1999). Portanto, as silagens produzidas no presente estudo, nos dois níveis de adubação, devem ser consideradas de muito boa qualidade.

A matéria mineral (MM) não diferiu entre cultivares dentro dos níveis de adubação; entretanto, houve um aumento da MM, embora pequeno, quando as cultivares foram adubadas para silagem. Provavelmente,

o maior desenvolvimento das plantas neste nível de adubação provocou uma maior absorção de nutrientes disponíveis no solo. Os teores de MM encontram-se dentro dos limites (4,6-5,6%) indicados por Ensminger et al. (1990) para silagens de milho.

Os teores de MO das silagens das duas cultivares, nos dois níveis de adubação, são semelhantes àqueles obtidos por Rosa et al. (2004) para silagens de milho.

Houve um aumento ($P < 0,01$) nos teores de proteína bruta (PB) quando as cultivares foram adubadas para produção de silagem. O aumento nos teores de PB foi de 1,0% e 1,7 % na silagem de MV e MH, respectivamente. Os teores de PB encontram-se abaixo dos limites (7,7-8,3%) indicados por Ensminger et al. (1990) para silagens de milho, principalmente, quando as cultivares foram adubadas para produção de grãos. Por outro lado, estes teores são semelhantes à média (6,13%) encontrada por Berto et al. (1998), para 34 silagens de milho.

No nível de adubação para silagem os teores médios de PB são semelhantes às medias obtidas por Oliveira et al. (2004) de 7,6% ($\pm 0,31$), para 23 cultivares de milho, e por Mittelman et al. (2005) de 7,5% ($\pm 0,29$), para 21 cultivares, na região Central e na região Sul do Brasil, respectivamente.

Os teores de extrato etéreo (EE) foram mais elevados no MH, nos dois níveis de adubação. Eles assemelham-se à média (2,17%) determinada por Berto et al. (1998), porém encontram-se abaixo da média (3,2%) indicada pelo NRC (1989) e das obtidas por Rosa et al. (2004) de 4,68% para silagens de milho na região Central do Estado.

Os teores de fibra bruta (FB) foram semelhantes para as duas cultivares, nos dois níveis de adubação. Os teores de FB encontram-se ligeiramente abaixo da média

(24,5%) indicada por Ensminger et al. (1990), para silagens de milho. Da mesma forma, os teores de extrativos não nitrogenado (ENN) determinados para as duas cultivares, nos dois níveis de adubação, foram semelhantes e são um pouco mais elevados que a média (60,3%) indicada por aqueles autores, para silagens de milho colhido no estádio farináceo.

Na Tab. 2 são apresentados os resultados obtidos para os componentes da fração fibrosa e o coeficiente de digestibilidade “in vitro” da matéria orgânica (DIVMO). Não houve diferença nos teores de fibra em detergente neutro (FDN) entre as cultivares e níveis de adubação. A média de 52,5% de FDN obtidas no presente estudo está de acordo com a de 51,0% (NRC, 1984) e 52,0% (NRC, 1989 e 1996) indicadas para silagens de milho.

Berto et al. (1998), que também obtiveram a média de 52,14% (43,1-67,4%) em 34 silagens de milho, referem que estes níveis elevados de fibra encontrados são preocupantes e devem-se, provavelmente, a menor quantidade de grãos nas silagens e/ou às condições climáticas desfavoráveis ao crescimento do milho. Neste contexto, é importante se considerar que o NRC (1996) indica uma média de 43,0% de FDN em silagens com no mínimo 45,0% de grãos na MS. Assim, também é factível que as silagens daquela investigação tenham sido confeccionadas com cultivares de milho de características genéticas distintas - maior/menor produção de grãos - e/ou diferentes alturas de corte da planta. Portanto as médias obtidas no presente estudo assemelham-se às medias determinadas para este parâmetro, encontradas na literatura.

Não houve diferença nos teores de fibra em detergente ácido (FDA) entre as cultivares e níveis de adubação. A média de 29,1% de FDA obtidas para as duas cultivares,

Tabela 2 - Fração fibrosa: teores médios de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG) e coeficiente de digestibilidade “in vitro” da matéria orgânica (DIVMO) de silagens de cultivares de milho, submetidos a dois níveis de adubação (em %).

Parâmetros	Adubação para grãos		Adubação para silagem	
	Variedade	Híbrido	Variedade	Híbrido
FDN	52,81	52,97	52,72	51,65
FDA	29,45	28,72	29,47	28,76
LIG	3,69	3,27	3,81	3,53
DIVMO	61,52 ^{bb}	66,93 ^{aA}	65,54 ^{aA}	67,40 ^{aA}

Médias seguidas por distintas letras minúsculas (entre cultivares por nível de adubação) e maiúsculas (entre níveis de adubação por cultivar) na horizontal diferem entre si pelo teste de Duncan ($\alpha = 0,05$).

nos dois níveis de adubação, está de acordo com as indicadas nas tabelas nutricionais para as silagens de milho: 28,0% (NRC, 1984), 29,0% (NRC, 1989) e 30,9% (ENSMINGER et al.,1990).

Não houve diferença nos teores de lignina (LIG) entre as cultivares e níveis de adubação. A média de 3,58% de LIG obtidas para as duas cultivares, nos dois níveis de adubação, está de acordo com média de 4-5% indicada para as silagens de milho (NRC, 1989).

Na adubação para grãos, o MH apresentou um coeficiente de DIVMO 5,4 % maior ($P<0,01$) do que o MV; já no nível de adubação para silagem a diferença ($P<0,05$) entre as duas cultivares foi menor (1,86%). O maior coeficiente de DIVMO se deve, provavelmente, ao aumento concomitante do teor de PB neste nível de adubação.

Com exceção do MV na adubação para grãos, os coeficientes de DIVMO foram semelhantes à média (65,9 %, $\pm 0,9$) determinada por Mittelman et al. (2005), para a DIVMS de 21 cultivares de milho na região Sul do Brasil, e mais elevados que a determinada por Rosa et al. (2004) de 60,5%, para a DIVMO de cultivares de milho na região Central do Estado.

De um modo geral, os resultados de qualidade das silagens obtidos para as duas cultivares de milho no presente estudo, nos dois níveis de adubação, assemelham-se àqueles descritos por Nussio (1993), para

as silagens de milho.

Na tabela 3 são apresentados os teores de nutrientes por kg de MS.

Os resultados obtidos para os nutrientes digestíveis totais (NDT), com exceção do MV na adubação para grãos, são ligeiramente superiores aos determinados nas tabelas nutricionais (ENSMINGER et al.,1990; KIRCHGESSNER, 1989; NRC, 1984, 1989). Ao se comparar os resultados do NDT das silagens das duas cultivares, observa-se que aquele determinado conforme McDowell (1974) foi ligeiramente menor que o determinado pelo determinado com base no teor de FDA (PIONEER, 1990). Embora não exista uma relação com a DIVMO (McDOWELL, 1974): $r^2= 0,048$; (PIONEER, 1990): $r^2= 0,027$), observa-se que a primeira tende a acompanhar a DIVMO determinada para o MV na adubação para grãos. De qualquer sorte, as duas formas de determinação do NDT parecem superestimar, mesmo que ligeiramente, este parâmetro.

A energia metabolizável (EM), a energia líquida manutenção (ELm) e a energia líquida ganho (ELg) foram um pouco mais elevadas nas silagens do MH, nos dois níveis de adubação. Os resultados do presente estudo, para estes parâmetros, são superiores àqueles obtidos por Rosa et al. (2004) para EM (2,16 Mcal/kg de MS), ELm (1,30 Mcal/kg de MS) e ELg (0,73 Mcal/kg de MS).

Ao se comparar com as médias das tabelas nutricionais para silagem de milho, observa-se que,

Tabela 3 - Valor nutritivo de silagens de cultivares de milho: teores médios dos nutrientes digestíveis totais (NDT), da energia metabolizável (EM), da energia líquida lactação (ELI), da energia líquida manutenção (ELm), da energia líquida ganho (ELg), da proteína bruta digestível (PBD), do cálcio (Ca) e do fósforo (P) de silagens de duas cultivares de milho, submetidas a dois níveis de adubação (em %/kg de MS).

Nutrientes	Adubação para grãos		Adubação para silagem		TMSM ¹
	Variedade	Híbrido	Variedade	Híbrido	
NDT 1 ²	64,76	66,88	66,25	66,46	66,00
NDT 2	67,23	67,74	67,21	67,71	66,00
EM ³	2,33	2,43	2,37	2,44	2,38
ELI	1,43	1,46	1,49	1,56	1,52
ELm	1,46	1,54	1,49	1,56	1,50
ELg	0,87	0,95	0,90	0,96	0,92
PBD	4,31 ^{aB}	4,25 ^{aB}	5,00 ^{aA}	5,45 ^{aA}	4,50
Ca	0,13	0,14	0,14	0,15	0,23
P	0,15	0,16	0,15	0,17	0,20

Médias seguidas por letras minúsculas (entre cultivares por nível de adubação) e maiúsculas (entre níveis de adubação por cultivar) na horizontal diferem entre si pelo teste de Duncan ($\alpha = 0,05$).

¹ Teores médios para silagens de milho (TMSM), conforme Ensminger et al. (1990), Kirchgessner (1989) e National Research Council (1984,1989 e 1996),

² NDT1: Latin America Tables of Feed Composition (1974); NDT2: Pioneer Forage Manual – A Nutritional Guide (1990).

³ Energia (EM, ELI, ELm, ELg) expressa em megacalorias (Mcal/kg de MS).

enquanto os resultados destes parâmetros nas silagens do MH encontram-se um pouco acima das médias, nas silagens do MV encontram-se um pouco abaixo delas, nos dois níveis de adubação. Da mesma forma, no nível de adubação para grãos, a energia líquida lactação (ELI) foi menor nas silagens do MV e do MH do que as médias indicadas nas tabelas nutricionais; já no nível de adubação para silagem., enquanto a ELI do MV foi menor, a do MH foi maior que a média indicada.

No nível de adubação para grãos a proteína bruta digestível (PBD) das silagens das duas cultivares encontra-se ligeiramente abaixo da média indicada para silagens de milho; no nível de adubação para silagem, a silagem do MV foi 10,0% e a do MH 17,4% maior do que a média indicada nas tabelas nutricionais dos conselhos.

No que se refere aos minerais, os resultados obtidos para as silagens das duas cultivares, nos dois níveis de adubação, encontram-se bem abaixo das médias indicadas para silagem de milho. O cálcio (Ca) apresentou um déficit de cerca de 40,0%; já o fósforo encontra-se por volta de 20,0% abaixo da média determinada para este parâmetro.

Na tabela 4 encontram-se os percentuais referentes à capacidade de cobertura das exigências nutricionais dos animais por kg de MS, para a produção de leite e carne. Para as categorias de animais em crescimento e terminação são apresentados dois percentuais de PBD, os quais se referem ao intervalo das exigências nutricionais dos animais dentro dos limites de ganho de peso vivo de cada categoria (crescimento: 180-320 kg; terminação: 320-450 kg).

As silagens das duas cultivares, quando adubadas para produção de grãos, apresentaram um quadro bastante semelhante quanto a capacidade de cobertura das exigências para a produção de leite. Neste nível de adubação a PBD para a produção de 14,0 L/dia foi suficiente somente para cobrir por volta de 50,0% das exigências de nutrientes por kg de MS, nas duas cultivares. Em termos de energia, enquanto a silagem de MH supre totalmente a exigência de NDT, a de MV apresentou um pequeno déficit (3,5%).

Quando se considera a energia em termos de ELI e EM, observa-se que existe um pequeno déficit da

Os teores de Ca e P são insuficientes para cobrir as exigências para a produção de leite, principalmente, o Ca nas silagens das duas cultivares. O Ca apresentou um déficit médio nas duas cultivares de 68,8%, enquanto que o déficit médio de P é de 44,7%.

No nível de adubação para silagem a capacidade de cobertura das exigências de PBD das silagens das duas cultivares foi maior do que no nível de adubação para grãos. Entretanto, também foi insuficiente, apresentando um déficit na silagem do MH de 37,4% e, principalmente, na do MV (42,5%).

Enquanto o NDT e a ELI praticamente cobrem a exigência de energia para a produção de 14 L de leite/dia, a EM encontra-se ligeiramente abaixo desta, nas silagens das duas cultivares.

A capacidade de cobertura de Ca e P para a produção de leite foi um pouco maior neste nível de adubação nas silagens das duas cultivares; todavia a deficiência continua praticamente a mesma observada no nível de adubação para grãos.

Para a produção de carne, no nível de adubação para grãos, a capacidade de cobertura da PBD das silagens das duas cultivares no início da fase de crescimento foi semelhante à determinada para produção de leite, sendo que o déficit médio foi de 52,0%. Até o final desta fase a capacidade de cobertura das duas silagens aumentou em média 14,0%. Na fase de terminação a PBD por kg de MS cobre cerca de 69,0% da exigência e aumenta muito pouco (3,5%) até o final desta fase. Enquanto o NDT da silagem do MH cobre a exigência das duas categorias, a silagem do MV apresenta uma deficiência média de 4,0%. Da mesma forma, a EM, a ELM e a ELG cobrem a exigência de nutrientes na silagem do MH; já a do MV apresenta deficiência de 5,0% de EM e ELM, e de 10,0% de ELG.

Neste nível de adubação, as silagens das duas cultivares apresentam deficiência média de 70,0% de Ca e de 35,0% de P na fase de crescimento; na fase de terminação a deficiência diminui para 55,0% de Ca e 23,0% de P.

No nível de adubação para silagem, a silagem do MH apresentou uma capacidade de cobertura de da

Tabela 4 - Capacidade de cobertura (%) da exigência de nutrientes por kg de matéria seca, para a produção de leite (14 L/dia) e ganho de peso (0,9 kg de PV/dia) de silagens de cultivares de milho variedade (MV) e milho híbrido (MH) submetidos a dois níveis de adubação.

Parâmetros	Produção de Leite ¹			Crescimento e Terminação ¹		
	MV 14,0 L	MH 14,0 L	MV 180 - 320 kg	MH 180 - 320 kg	MV 320 - 450 kg	MH 320 - 450 kg
<u>Adubação para Grãos</u>						
PBD ²	49,5	48,9	48,4 – 62,5		69,5 – 73,1	68,5 – 72,0
NDT ³	96,7	99,8	95,9 ⁴			99,1
ELI	94,1	96,0	-		-	-
EM	92,1	96,0	95,1		99,2	
ELm	-	-	94,8		100,0	
ELg	-	-	89,7		97,9	
Ca	30,2	32,6	28,9		31,1	46,7
P	53,6	57,1	62,5		66,7	80,0
<u>Adubação para Silagem</u>						
PBD ²	57,5	62,6	56,2 – 72,5		80,6 – 84,7	87,9 – 92,4
NDT ³	98,9	99,2	98,1		98,5	
ELI ⁴	98,0	102,6	-		-	
EM	93,7	96,4	96,7		99,6	
ELm	-	-	96,8		101,3	
ELg	-	-	92,8		99,0	
Ca	32,6	34,9	31,1		33,3	50,0
P	53,6	60,7	62,5		70,1	85,5

¹ Exigência de nutrientes por kg de MS conforme Ensminger et al. (1990), Kirchgessner (1989) e NRC (1986; 1989; 1996).
² Capacidade de cobertura da faixa de exigência de proteína bruta digestível para animais em crescimento (180-320 kg de PV) e terminação (320-450 kg de PV).
³ NDT determinado conforme LATFC (1794).
⁴ Os dados de energia (NDT; ELI; EM; ELm; ELg) são comuns às duas categorias (crescimento e terminação) .

exigência de PBD por kg de MS de cerca de 6,0% maior que a do MV na fase de crescimento; já na fase de terminação a diferença foi um pouco maior (7,5%) na silagem do MH.

A capacidade de cobertura de NDT das silagens das duas cultivares foi semelhante para as duas categorias e encontra-se ligeiramente abaixo da exigência; já em termos de EM, ELM e ELg, da mesma forma que no nível de adubação para grãos, a silagem do MH apresentou uma capacidade de cobertura ligeiramente maior que a do MV.

Também neste nível de adubação os teores de Ca e P das duas silagens são insuficientes para a cobertura da exigência de nutrientes. As duas silagens apresentaram uma deficiência média de Ca de cerca de 68,0% na fase de crescimento e de cerca de 48,0% na fase de terminação. Embora a capacidade de cobertura de P da silagem de MH seja 7,5% e 10,0% maior do que a do MV, nas fases de crescimento e terminação, respectivamente, ainda assim, este elemento apresenta deficiência de 30,0% e 15,0% nestas duas fases, respectivamente.

Em geral, os teores de PBD nas silagens das duas cultivares são insuficientes para as categorias: em fase de crescimento e terminação, sobretudo, para animais na fase inicial do crescimento.

Neste contexto, quando se considera a capacidade de ingestão de MS, com base no teor de energia (ELm) por kg de MS (NRC, 1996) das silagens das duas cultivares, estima-se que no nível de adubação para grãos os teores de PBD das duas silagens possam propiciar um ganho de peso médio de 0,40-0,55 kg/dia na fase de crescimento; na fase de terminação a capacidade de ganho de peso estimado é de 0,55-0,65 kg/dia.

No nível de adubação para silagem, o ganho de peso estimado é um pouco superior àquele do nível de adubação para grãos. A PBD da silagem do MV pode propiciar um ganho de peso de 0,50-0,65 kg/dia na fase de crescimento e de 0,65-0,75 kg/dia na fase de terminação; já a silagem do MH é capaz de propiciar ganhos de peso da ordem de 0,55-0,70 kg/dia e 0,70-0,80 kg/dia, para animais em fase de crescimento e terminação, respectivamente.

Para estas categorias de animais, da mesma forma que para a produção de leite, os teores de NDT

das duas cultivares são suficientes para cobrir quase que totalmente as exigências nutricionais dos animais e seriam suficientes para ganhos de peso da ordem de 0,88 kg/dia nos dois níveis de adubação.

Em termos de EM, ELM e ELg, os teores encontrados são suficientes para ganho de peso de 0,85 kg/dia e 0,89 kg/dia, com as silagens de MV e MH, respectivamente, no nível de adubação para grãos; já no nível de adubação para silagem, a silagem do MV pode propiciar ganho de peso da ordem de 0,87 kg/dia e a do MH de 0,90 kg/dia.

Assim, embora as silagens das duas cultivares apresentem um bom valor energético, elas são extremamente deficientes no que tange ao teor de proteína, principalmente, para a produção de leite e animais em fase de crescimento. Portanto, é aconselhável que estas cultivares sejam adubadas, conforme a recomendação, para produção de silagem, uma vez que esta prática aumenta o teor de proteína das silagens produzidas. Ainda assim, é necessário que os animais recebam um suplemento protéico para a cobertura das suas exigências nutricionais. Este procedimento também auxilia a cobertura da pequena deficiência de energia das silagens nas duas cultivares, nos dois níveis de adubação.

Muito importante também é a suplementação “ad libitum” de mistura mineral, uma vez que, principalmente o Ca, mas também o P encontram-se deficientes nas silagens das duas cultivares. Sobretudo, em função da baixa biodisponibilidade aos animais destes dois elementos (SOARES JR., 1995 a, b), mas também, porque podem ocorrer efeitos antagônicos entre os minerais, os quais inibem a absorção de outros, em razão de que no rúmen ativo alguns minerais, quando em excesso, interagem tanto com macronutrientes, quanto com micronutrientes, provocando a inibição da absorção dos mesmos (MALLETO, 1995).

Na tabela 5 encontram-se os dados relativos ao potencial de produção de leite das silagens das duas cultivares, nos dois níveis de adubação, bem como resultados obtidos em duas outras regiões do Estado.

No nível de adubação para grãos a silagem do MH apresentou um potencial de produção de leite de 36,2% por tonelada e de 48,7% por hectare maior do

Tabela 5 - Estimativa do potencial de produção de leite por tonelada (ton.) e por hectare (ha) de silagens de cultivares de milho variedade (MV) e milho híbrido (MH), submetidos a dois níveis de adubação.

Cultivares	Adubação para grãos		Adubação para silagem		Noroeste*	Nordeste*
	ton.	ha	ton.	ha	ha	ha
MV (kg)	296	2.383	433	4.060	3.845 (± 577)	4.439 (± 1097)
MH (kg)	464	4.644	505	5.327		

* Médias da capacidade de produção de leite de silagens de 21 híbridos de milho em duas regiões do Estado do Rio Grande do Sul (MITTELMANN et al., 2005). que a do MV; já no nível de adubação para silagem a silagem, as silagens das duas cultivares encontram-se diferença entre as silagens das duas cultivares diminuiu e abaixo das médias determinadas por Oliveira et al. (2003) foi 14,3% por tonelada e 23,8% por hectare maior no MH. de 6.761 (± 1.344) l/ha, para 22 híbridos de milho, e por Oliveira et al. (2004) de 5.906 (± 629) l/ha, para 23 híbridos. O maior potencial de produção de leite no MH se deve, Assim, enquanto a média obtida para o MH encontra-se principalmente, a maior produtividade de esta cultivar se dentro dos limites de variabilidade determinados por por hectare. aqueles autores, a do MV encontra-se por volta de 24% abaixo dos limites mínimos.

No nível de adubação para grãos, a silagem do MV apresentou um potencial de produção de leite por hectare bem menor que as médias obtidas por Mittelman et al. (2005) em duas regiões do Estado, inclusive abaixo da variabilidade observada por aqueles autores; já no nível de adubação para silagem o potencial de esta cultivar situou-se entre as médias das duas regiões.

O potencial de produção de leite por hectare da silagem de MH no nível de adubação para grãos foi superior ao potencial máximo da Região Noroeste e ligeiramente superior à média da Região Nordeste. No nível de adubação para silagem, a silagem do MH apresentou um potencial maior que as médias das duas regiões, inclusive, apresentando um potencial semelhante ao limite máximo de produção da Região Noroeste.

Nos dois níveis de adubação, o potencial de produção de leite por tonelada das silagens do presente estudo ficou muito aquém das estimativas feitas por Hentz et al. (2008), os quais indicam uma capacidade de produção de 1.300 a 1.483 l/ton. de MS, quando a massa específica aumenta de 90 para 216 kg de MS/m³. Considerando uma produtividade média de 10 ton. MS/ha para a cultura do milho, isto significaria uma capacidade de produção de 13.000-14.830 l/ha.

De qualquer sorte, no nível de adubação para

Portanto, com base nestes resultados no presente estudo, para se obter uma produção ótima de leite, independentemente de a cultivar a ser utilizada, e aconselhável empregar o nível de adubação para produção de silagem.

CONCLUSÕES

1. Os teores dos parâmetros de qualidade e de nutrientes das silagens das duas cultivares, nos dois níveis de adubação são característicos das silagens de milho.
2. A adubação para produção de silagem aumenta os teores da matéria mineral, da proteína bruta e da proteína bruta digestível, bem como o coeficiente de digestibilidade “in vitro” da matéria orgânica.
3. As silagens das duas cultivares apresentam energia suficiente para produção de leite e carne, entretanto são muito deficientes em termos de proteína, cálcio e fósforo, nos dois níveis de adubação.
4. A adubação para produção de silagem apresenta maior potencial de produção de leite nas duas cultivares.
5. É recomendável a utilização do nível de adubação para produção de silagem, bem como a administração de suplemento protéico e de minerais aos animais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis. 12. ed. Washington, DC, 1995. 1094 p.

PESQ. AGROP. GAÚCHA, PORTO ALEGRE, V.15, N.2, P.123-133, 2009.

BERTO, J.L.; MÜLBACH, P.R.F.; SANTOS, A.C. Qualidade das Silagens de Milho em Unidades de Produção de Leite no Rio Grande do Sul. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu-SP.

- LUIZ ADILSON DOS SANTOS, HERO ALFAYA, ANTÔNIO ANDRÉ AMARAL RAUPP, WERNER ERWIN LÜDER, JOÃO BAPTISTA DA SILVA, RUBEN CASSEL RODRIGUES E JOSÉ CARLOS LEITE REIS
Anais... Botucatu: UNESP, 1998. p. 206-208. p. 177-191.
- BITENCOURT, D.; STUMPF JUNIOR, W.; XAVIER, S.S. et al. A Importância da Atividade Leiteira na Economia Agropecuária do Rio Grande do Sul. In: BITENCOURT, D. et al. (Eds.) Sistemas de Pecuária de Leite: Uma Visão da Região de Clima Temperado. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2000. p. 11-26.
- Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC. Recomendações de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 10. ed., Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. 400p.
- EMATER. Relatório Anual de Produção e Produtividade da Bacia Leiteira da Região de Pelotas –RS. EMATER Regional, 1993. 107 p.
- ENSMINGER, M.E.; OLDFIELD, J.E.; HEINEMANN, W.W. Composition of Feeds. In: ENSMINGER, M.E. et al. (Eds.). Feeds & Nutrition. Clovis: Ensminger Publishing, 1990. p. 1265-1511.
- GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. Forage Fiber Analyses (Apparatus, Reagents, Procedures and some Applications). Washington, D.C.: USDA-ARS, 1970. Agricultural Handbook n. 379.
- HENTZ, F.; NÖRNBERG, J.L.; VELHO, J.P. Digestibilidade “in vitro” e Estimativa do Potencial de Produção de Leite Através da Planilha Milk 2006 de Silagens de Milho Safrinha Ensiladas com Diferentes Massas Específicas. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 45., 2008, Lavras-MG. Anais... Lavras: UFLA, 2008.
- KIRCHGESSNER, M. Tierernährung. 6. neubearbeitete Auflage. Frankfurt am Main: DLG - Verlag, 1989. 488 p.
- McDOWELL, L.R. et al. (Eds.). Latin American Tables of Feed Composition. Gainesville: Department of Animal Science, University of Florida, 1974. 509 p.
- MACEDO, W.S.L. Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Município de Bagé – RS. In: MACEDO, W.S.L. (Ed.) Coletânea de Pesquisas: Forrageiras. Bagé-RS: Embrapa Centro Nacional de Pesquisa de Ovinos. 1987. v. 1, p. 285-338. (Embrapa Documentos, 3).
- MALLETO, S. Organic Compound of Minerals in Cattle Feeding. In: J.C. PEREIRA et al. (Eds.). INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE NUTRITIONAL REQUIREMENTS OF RUMINANTS. 1995. Viçosa-MG Anais...Viçosa:UFV, 1995.
- MITTELMANN, A.; SOUZA SOBRINHO, F.; OLIVEIRA, J.S. et al. Avaliação de Híbridos Comerciais de Milho para Utilização como Silagem na Região Sul do Brasil. Ciência Rural, Santa Maria, v. 35, p. 684-690, 2005.
- MOISIO, T. e HEIKONEN, M. Lactic acid Fermentation in Silage Preserved with Formic Acid. Animal Feed Science and Technology, Elsevier, v. 47, n.1-2,p. 107-124, 1994.
- MÜLBACH, P.R.F. Silagem: Produção com Controle de Perdas. In: LOBATO, J.F.P. et al. (Eds.), Produção de Bovinos de Corte. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1999. p. 97-120.
- NRC. National Research Council. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 6. ed., Washington D. C.: National Academy of Science, 1984. 88 p.
- NRC. National Research Council. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 6. ed. (Update, 1989). Washington D. C.: National Academy of Science, 1989, 158 p.
- NRC. National Research Council. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7. ed., Washington D. C.: National Academy of Science, 1996. 242 p.
- NUSSIO, L. G. Milho e Sorgo para Produção de Silagem. In: NUSSIO, L.G. e SILVA, S. C. (Eds.). Volumosos para Bovinos. Piracicaba: FEALQ, 1993. p. 75-177.
- OLIVEIRA, J.S.; SOUZA SOBRINHO F.; PEREIRA, R.C. et al. Potencial de Utilização de Híbridos Comerciais de Milho para Silagem na Região Sudeste do Brasil. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, Sete Lagoas, v. 2, n. 1, p. 62-71, 2003.
- _____; SOUZA SOBRINHO; F.; REIS, F.A. et al. Híbridos de Milho para Silagem na Região do Brasil Central. Ars Veterinária, Jaboticabal, v. 20, p. 81-90, 2004.
- _____; Manejo do Silo e Utilização da Silagem de Milho e Sorgo. In: CRUZ, J.C. et al. (Eds.). Produção e Utilização de Silagens de Milho e Sorgo, 2 ed.. Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2005. p. 473-518.
- PEREIRA, J.R.A. Volumoso vantajoso. Informe Técnico Pioneer. nº. 26, p. 7-9, 2007.
- PIONEER - Pioneer Forage Manual. A Nutritional Guide. Iowa: Des Moines. 1990.
- SANTOS, L.A.; ALFAYA, H.; RAUPP, A.A.A. et al. Avaliação de Silagens de Milho Submetidas a Dois Níveis de Adubação. I. Produção e Custos. (no prelo)
- STRECK, E.V.; KÄMPF, N; DALMOLIN, R.S.D. et al. Solos do Rio Grande do Sul. 2. ed. – Porto Alegre: EMATER/RS, PESQ. AGROP. GAÚCHA, PORTO ALEGRE, v.15, n.2, p.123-133, 2009.

2008. 222 p.

ROSA, J.R.P.; SILVA, J.H.S.; RESTLE, J. et al. Avaliação do Comportamento Agrônomo da Planta e Valor Nutritivo da Silagem de Diferentes Híbridos de Milho (*Zea mays* L.). Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v. 33, p. 302-312, 2004.

SOARES JR., J. H. Calcium Bioavailability. In: AMMERMAN, C.B. et al. (Eds.). Bioavailability of Nutrients for Animals. Amino Acids, Minerals and Vitamins. New York: Academic Press. 1995 a. p. 95-118.

SOARES jr., J. H. Phosphorus Bioavailability. In: Ammerman, C.B. et al. (Eds.). Bioavailability of Nutrients for Animals. Amino Acids, Minerals and Vitamins. New York: Academic Press. 1995 b, p. 257-294.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A. et al. Análise de Solo, Planta e Outros Materiais. 2. ed. , Porto Alegre: Pallotti, 1995. 174 p.

TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A Two-Stage Technique for the "in vitro" Digestion of Forage Crops. Journal British Grassland Society, Oxford, v. 18, p. 104-111, 1963.

UNDERSANDER, D.J.; HOWARD, W.T.; SHAVER, R.D. Milk per acre: spreadsheet for combining yield and quality into a single term. Journal Production and Agriculture, Madison, v. 6, p.231-235, 1993.

VIERS, G. Climatologia. Barcelona: Oikos-tau. 1975. 309 p.

Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijão cultivados em duas localidades de Mato Grosso do Sul¹

Agenor Martinho Correa², Manoel Carlos Gonçalves³, Luiz Carlos Ferreira de Souza⁴, Edson Talarico Rodrigues⁵,
Silvana de Paula Quintão Scalón⁶

Resumo - Parâmetros de adaptabilidade e de estabilidade da produtividade de grãos (PRD) de 13 genótipos de feijão foram estimados em duas localidades do Estado de Mato Grosso do Sul (Aquidauana e Dourados), durante os anos agrícolas 2000/2001 a 2005/2006, no cultivo “da seca” e “das águas”, perfazendo um total de 12 ambientes. Cada ambiente consistiu de uma combinação de local x época de cultivo x ano agrícola. O delineamento adotado foi o de blocos ao acaso, com três repetições. A unidade experimental foi constituída de duas fileiras de plantas, com 1,50 m de comprimento cada, espaçadas de 0,50 m entre si. Os parâmetros de adaptabilidade e de estabilidade foram estimados pelas metodologias de Eberhart e Russell, Lin e Binns e modelo AMMI-biplot. Os resultados obtidos permitiram concluir que a cultivar Rudá é de ampla adaptabilidade, que nenhum dos genótipos avaliados é de comportamento previsível, quando se considera simultaneamente as três metodologias estudadas, e que os genótipos CNF 7135 Bambuí e CNF 4129 A54 são os mais instáveis e os menos produtivos.

Palavras chave - *Phaseolus vulgaris*, interação genótipos x ambiente, cultivar.

Adaptability and stability of common bean genotypes grow in two locations in the state of Mato Grosso do Sul¹

Abstract - Adaptability and stability parameters of the grain yield (YD) of thirteen common bean genotypes were estimated at two locations of Mato Grosso do Sul State (Aquidauana and Dourados), in the period from 2000/2001 to 2005/2006, in the “dry” and “rain” harvest, composing a total of 12 environments. Each environment was characterized by the combination of local x crop season x year. The genotypes were assessed in randomized blocks, with three replications. The experimental unit consisted of two lines of 1,50 m in length each one by a width of 0,50 m. The adaptability and stability parameters were estimated using the methodology Eberhart and Russell, Lin and Binns and AMMI-biplot model. The results obtained allow to conclude that the cultivar Rudá, has broad adaptation; none of the genotypes have predictability of response when considered the three methodologies simultaneously. The genotypes CNF 7135 Bambui and CNF 4129A 54 are the most unstable and the less productive.

Key words - *Phaseolus vulgaris*, genotype x environment interaction, cultivar.

INTRODUÇÃO

No Estado de Mato Grosso do Sul, a cultura do feijão é explorada em uma amplitude muito grande de condições edafoclimáticas e, também, por agricultores que adotam diferentes níveis de tecnologia, desde o cultivo de subsistência até lavouras empresariais. Nessas condições é de se esperar que ocorra interação genótipos x ambientes (GxE) e que essa tenha papel relevante na manifestação fenotípica, sobretudo, na produtividade de grãos. A presença da interação genótipos x ambientes não só impede que se faça a recomendação generalizada

de cultivares como, também, por mascarar a expressão genotípica, dificulta o progresso com a seleção de genótipos (CRUZ et al., 2004).

Chaves (2001) definiu a interação genótipos x ambientes como sendo o efeito diferencial do ambiente sobre os genótipos ou a resposta diferencial dos genótipos à variação do ambiente. Estudos a respeito da interação genótipos x ambientes, apesar de serem de grande importância para o melhoramento, não proporcionam informações pormenorizadas sobre o comportamento de cada genótipo frente às variações

¹ Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor apresentada à UFGD/ Dourados-MS

² Prof. Adjunto, Eng^o Agrônomo, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul-UEMS, CP 25, CEP 79200-000 – Aquidauana,MS, e-mail:agenor@uems.br

³ Prof. Adjunto, Eng^o Agrônomo, Universidade Federal da Grande Dourados-UFGD, CP 533, CEP 79804-970 - Dourados,MS, e-mail:manoel.goncalves@ufgd.edu.br

⁴ Prof Adjunto, Eng^o Agrônomo, Universidade Federal da Grande Dourados-UFGD, CP 533, CEP 79804-970 – Dourados-MS, e-mail: lcfsoouza@ufgd.edu.br

⁵ Prof. Adjunto, Eng^o Agrônomo, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul-UEMS, CP 25, CEP 79200-000 – Aquidauana,MS,

⁶ Profª Adjunta, Bióloga, Universidade Federal da Grande Dourados-UFGD, CP 533, CEP 79804-970 – Dourados, MS, email: silvana.scalon@ufgd.edu.br

ambientais. Para tal objetivo, se realizam análises de estabilidade e adaptabilidade pelas quais se torna possível a identificação de cultivares de comportamento previsível e que sejam responsivos às variações ambientais, em condições específicas ou amplas.

Existem diversas metodologias de análise de adaptabilidade e de estabilidade destinadas à avaliação de um grupo de genótipos numa série de ambientes, todas são fundamentadas na existência de interações e apresentam vantagens e desvantagens. Ressalta-se também que os diferentes métodos não são mutuamente excludentes e, portanto, pode haver informações em uma técnica que venha complementar a outra.

A metodologia proposta por Eberhart e Russell (1966) tem sido uma das mais empregadas no estudo da adaptabilidade e da estabilidade de cultivares em função da simplicidade dos cálculos, facilidade de interpretação e informações fornecidas (VERONESI, 1995). Nesse método, o comportamento de cada genótipo, face as variações ambientais, é estimado por meio de uma análise de regressão linear simples da variável dependente em relação a um índice ambiental definido como a diferença entre a média de cada ambiente e a média de todos os ambientes. A estabilidade é definida com base nos desvios de regressão (s_{di}^2), sendo considerada estável a cultivar que obtiver desvio estatisticamente igual a zero e não estável, desvio diferente de zero. Já o coeficiente de determinação (R^2) é utilizado para aferir a qualidade de ajustamento da equação de regressão linear de cada genótipo.

A adaptabilidade é definida pelo coeficiente de regressão do genótipo (β_1). Genótipos com $\beta_1 > 1,0$ são considerados como genótipos responsivos a ambientes favoráveis, com $\beta_1 < 1$ adaptados a ambientes específicos desfavoráveis e com $\beta_1 = 1$, genótipos com adaptabilidade geral. O genótipo ideal, portanto, é aquele que apresenta média de produtividade elevada, coeficiente de regressão (β_1) = 1 e desvio de regressão (s_{di}^2) igual a zero (EBERHART e RUSSELL, 1966). Estudos baseados nessa metodologia em feijão foram desenvolvidos, entre outros, por Ribeiro et al. (2004), Oliveira et al. (2006), Melo et al. (2007) e Pereira et al. (2009).

A metodologia proposta por Lin e Binns (1988),

considerada não paramétrica, se mostra bastante promissora pela informação e facilidade de interpretação que oferece. Nessa metodologia o parâmetro de adaptabilidade e de estabilidade é estimado por meio de uma medida de superioridade (P_i) que associa produtividade, estabilidade e adaptabilidade, definindo a cultivar superior como sendo aquela que apresenta uma performance próxima do máximo nos vários ambientes (HELGADÓTTIR e KRISTJÁNSDÓTTIR, 1991) e as mais baixas estimativas de P_1 . Análises de adaptabilidade e de estabilidade empregando a metodologia de Lin e Binns (1988) na cultura do feijão foram usadas por diversos autores (ABREU et al., 1998; NUNES et al., 1999; ELIAS et al., 2005 e MELO et al., 2007).

Uma alternativa aos procedimentos de regressão linear para o detalhamento do efeito da interação de genótipos x ambientes é a utilização do modelo de efeitos principais aditivos e interação multiplicativa AMMI (ZOBEL et al., 1988 e GAUCH, 1992). Este método combina técnicas estatísticas, como a análise de variância e técnicas multivariadas (análise de componentes principais) em um único modelo, aditivo quanto aos efeitos principais de genótipos e ambientes, e multiplicativo no detalhamento da interação genótipos x ambientes. Poucos trabalhos têm sido realizados no Brasil empregando-se a análise AMMI no feijão podendo-se citar Melo et al. (2007) e Pereira et al. (2009). De um modo geral esses trabalhos constataram melhor qualidade nas predições de respostas fenotípicas do modelo AMMI em relação aos métodos tradicionais.

O uso de cultivares adaptadas, com desempenho superior em uma ampla séries de ambientes, constitui a estratégia mais eficiente para minimizar os efeitos desfavoráveis da presença da interação genótipos x ambientes (RAMALHO, 1993). Todavia, não existem referências sobre esses parâmetros no Estado do Mato Grosso do Sul, sendo, portanto, necessárias informações com vista a aprimorar e reduzir a chance de erro quer na indicação de cultivares aos produtores, quer na sua utilização em programas de melhoramento, optando-se por aquelas que apresentem maior adaptabilidade e estabilidade às condições ambientais.

Assim sendo, esse trabalho teve por objetivo estimar parâmetros de adaptabilidade e de estabilidade

para o caráter produtividade de grãos de 13 genótipos de feijão, utilizando-se diferentes metodologias, em duas localidades de Mato Grosso do Sul, em duas épocas de cultivo durante os anos agrícolas de 2000/2001 a 2005/2006.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em 12 ambientes experimentais distintos, no período de 2000/2001 a 2005/2006. Os ambientes foram constituídos da combinação de local, época de cultivo e ano agrícola (Tabela 1).

Em Dourados, os experimentos foram desenvolvidos na área experimental da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados, cujas coordenadas geográficas são 22° 12' 16" latitude sul, 54° 48' 20" longitude oeste e altitude de 452 metros. Em Aquidauana, por sua vez, na área experimental da Unidade Universitária de Aquidauana da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, situada nas coordenadas geográficas 20° 20' 00" latitude sul, 55° 48' 00" longitude oeste e altitude de 207 metros.

O germoplasma utilizado constou das seguintes cultivares: Rudá, Aporé, Xamego, Pérola, Ouro Negro, Diamante Negro, IAPAR 14, EMGOPA 201-Ouro, IAC-Carioca Eté e CNF 7135 Bambuí, e das linhagens avançadas: CNF 4999-Rio Tibagi, CNF 4129 A 54 e CNF v 8025. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, com três repetições. A unidade experimental constou de duas linhas de plantas com 1,50 m de comprimento cada uma, e espaçadas entre si de 0,50 m. A semeadura em Dourados foi realizada, na época "da seca", na segunda quinzena de março, e na

época "das águas", na segunda quinzena de setembro. Em Aquidauana, os ensaios foram realizados apenas na época "da seca" e a semeadura foi realizada sempre no período compreendido entre 10 a 20 de abril.

Na avaliação da produtividade de grãos (PRD) considerou-se a produção da parcela, extrapolada para kg ha⁻¹ de grãos, com base no número total de plantas na colheita. A produtividade foi ajustada para a umidade de 13% nos grãos.

Inicialmente foram realizadas as análises de variância individuais para cada um dos 12 ambientes experimentais. Preliminarmente, à análise de variância conjunta dos experimentos, verificou-se a homogeneidade das variâncias residuais (QMRs) dos ensaios considerando-se a razão entre o maior e o menor quadrado médio do erro em cada um dos ambientes estudados. Na análise de variância conjunta o modelo adotado foi o fatorial simples considerando-se os efeitos de genótipo como fixo e da interação genótipos x ambientes e de ambiente como aleatórios. As análises de estabilidade e de adaptabilidade foram realizadas pelas metodologias de Eberhart e Russell (1966), de Lin e Binns (1988) e análise AMMI-biplot.

O modelo de regressão linear adotado pela metodologia de Eberhart e Russell (1966) é dado pela seguinte expressão:

$$Y_{ij} = \beta_{0i} + \beta_{1i}I_j + \sigma_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

onde: Y_{ij} : média do i -ésimo genótipo no j -ésimo ambiente;

β_{0i} : média geral do i -ésimo genótipo;

β_{1i} : coeficiente de regressão linear, que mede a resposta do i -ésimo genótipo à variação do ambiente;

I_j : índice ambiental codificado $\sum_j I_j = 0$, sendo $I_j = Y_{.j} - Y_{..}$;

Tabela 1 - Caracterização dos ambientes usados para análises de análise de adaptabilidade e de estabilidade de genótipos de feijão no Mato Grosso do Sul.

ambiente	local	época	ano agrícola
E A	Dourados	"das águas"	2000/2001
E B	Dourados	"da seca"	2000/2001
E C	Aquidauana	"da seca"	2000/2001
E D	Dourados	"das águas"	2001/2002
E E	Dourados	"da seca"	2001/2002
E F	Aquidauana	"da seca"	2001/2002
E G	Aquidauana	"da seca"	2002/2003
E H	Aquidauana	"da seca"	2003/2004
E I	Aquidauana	"da seca"	2004/2005
E J	Dourados	"das águas"	2005/2006
E K	Dourados	"da seca"	2005/2006
E L	Aquidauana	"da seca"	2005/2006

σ_{ij} : desvio da regressão do *i*-ésimo genótipo no *j*-ésimo ambiente;

Na metodologia proposta por Lin e Binns (1988) o parâmetro de adaptabilidade e de estabilidade é estimado por meio da medida de superioridade P_i empregando-se a seguinte expressão:

$$P_i = \sum_{j=1}^n (x_{ij} - M_j)^2 / 2n$$

onde: P_i : estimativa do parâmetro de adaptabilidade e estabilidade do *i*-ésimo genótipo;

x_{ij} : produtividade do *i*-ésimo genótipo no *j*-ésimo ambiente;

M_j : resposta máxima obtida entre todos os genótipos no *j*-ésimo ambiente;

n : número de ambientes.

Na análise AMMI-biplot considerou-se os efeitos de genótipos e ambientes como fixos e o modelo segundo a equação:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + a_j + \sum_{k=1}^n (\lambda_k v_{ik} \alpha_{jk}) + \rho_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

onde: Y_{ij} : é a resposta média do *i*-ésimo genótipo ($i = 1, 2, \dots, G$ genótipos) no *j*-ésimo ambiente ($j = 1, 2, \dots, A$ ambientes);

μ : a média geral dos ensaios;

g_i : o efeito do *i*-ésimo genótipo;

a_j : o efeito do *j*-ésimo ambiente;

λ_k : o *k*-ésimo valor singular (escalar) da matriz de interação original (denotada por $G \times A$);

v_{ik} : o elemento correspondente ao *i*-ésimo genótipo no *k*-ésimo vetor singular coluna da matriz $G \times A$;

α_{jk} : o elemento correspondente ao *j*-ésimo ambiente no *k*-ésimo vetor singular linha da matriz $G \times A$;

ρ_{ij} : o ruído associado ao termo $(ga)_{ij}$ da interação clássica do genótipo *i* com o ambiente *j*;

ε_{ij} : erro experimental médio.

Para a definição do número de eixos a serem retidos, a fim de explicar o padrão relacionado à interação, foram adotados os critérios propostos por Gauch e Zobel (1988), levando em consideração a proporção da soma de quadrados da interação ($SQ_{G \times E}$) acumulada até o *n*-ésimo eixo. Dessa forma, o ponto de parada que determina a seleção do modelo de cada membro da família de modelos AMMI (AMMI0, AMMI1,..., AMMI_n) foi obtido com base na significância do teste F de Gollob (1968).

A interpretação da adaptabilidade e da

estabilidade dos genótipos e ambientes, ou seja, as suas coordenadas nos eixos principais de interação (IPCA) foi feita com base na análise gráfica em *biplot* (GABRIEL, 1971).

A estimação dos parâmetros e os testes de significância foram realizados pelo aplicativo computacional em genética e estatística GENES (CRUZ, 2006) e pelo programa computacional CROPSTAT (IRRI, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A comparação entre as variâncias residuais (QMRs) das análises individuais demonstrou que a razão entre o maior e o menor quadrado médio residual dos ambientes, foi de 5,59, inferior, portanto, ao valor sete sugerido por Pimentel-Gomes e Garcia (2002), indicando homogeneidade das variâncias residuais entre os ambientes e possibilitando a análise de variância conjunta, cujos resultados são apresentados na Tabela 2.

A análise da variância conjunta permitiu observar que tanto os efeitos principais de genótipos e de ambientes, como os da interação genótipos x ambientes foram significativos ($p < 0,01$), sendo que, a significância deste último efeito, indica a ocorrência de um comportamento diferencial dos genótipos nos ambientes estudados e a conveniência de proceder à análise da adaptabilidade e da estabilidade fenotípica (Tabela 2).

De acordo com a metodologia de Eberhart e Russell (1966), genótipos com coeficiente de regressão linear igual a um ($\beta_1 = 1$) são considerados de ampla adaptação e, neste sentido, observou-se que somente as cultivares Rudá, Xamego, Diamante Negro, EMGOPA

Tabela 2 - Análise de variância conjunta de 13 genótipos de feijoeiro comum em 12 ambientes, no Mato Grosso do Sul, para produtividade de grãos

Fonte de Variação	G L	Q. M. PRD
Blocos/Ambientes	24	57435,722
Blocos	2	105922,722
Blocos x Amb	22	53027,648
Genótipos (G)	11	2724265,054**
Ambientes (A)	12	6365104,370**
GxA	132	606890,429**
Resíduo	288	44774,838
Total	467	
Média	-	1890,045
Cv (%)	-	11,189

(**): significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

201-Ouro e a linhagem CNF 4129 A54 foram de ampla adaptação (Tabela 3). Todavia, dessas cultivares, apenas Rudá, Xamego e EMGOPA 201-Ouro, apresentaram produtividade de grãos acima da média geral o que as credencia como cultivares de recomendação geral a todos os ambientes avaliados.

Observa-se que, enquanto os genótipos Ouro Negro, CNF 7135 Bambuí e CNFv 8025 se mostraram adaptados aos ambientes favoráveis ($\beta_{1i} > 1$), os genótipos Aporé, IAPAR 14 e IAC Carioca Eté se mostraram altamente adaptados aos ambientes desfavoráveis ($\beta_{1i} < 1$).

Para Eberhart e Russell (1966) genótipos com desvios de regressão iguais a zero ($\sigma_{di}^2 = 0$) são considerados estáveis, ou seja, com previsibilidade de comportamento quando as condições ambientais não são alteradas. Pode-se observar na Tabela 3, que todos os genótipos apresentaram σ_{di}^2 significativos pelo teste “F” ($\sigma_{di}^2 \neq 0$), caracterizando-se como de baixa estabilidade. A não previsibilidade de comportamento dos genótipos foi também indicada pelos baixos valores de R^2 (coeficiente de determinação) que, segundo Cruz et al. (2004), é uma medida auxiliar na avaliação da estabilidade dos genótipos quando os desvios de regressão são estatisticamente diferentes de zero.

Para Lin et al. (1986), os baixos valores dos coeficientes de determinação devem ser interpretados como ajustamento inadequado dos dados à reta de regressão, indicando que o modelo não se adequou bem ao estudo genético realizado e, portanto, não explicou satisfatoriamente o comportamento dos genótipos ante

as variações dos ambientes. Apenas a cultivar Diamante Negro apresentou coeficiente de determinação acima de 80% (Tabela 3), portanto, um adequado ajustamento dos dados ao modelo. Todavia, essa cultivar não se enquadra no modelo do genótipo ideal, segundo as concepções dos autores da metodologia pois, embora seja de ampla adaptação, a sua produtividade de grãos está abaixo da média geral (Tabela 4) e os desvios de regressão foram significativos ($\sigma_{di}^2 \neq 0$) (Tabela 3). Resultado semelhante para essa cultivar quanto à estabilidade obtiveram Ribeiro et al. (2004) divergindo, contudo, a resposta quanto à adaptação uma vez que a cultivar se mostrou de adaptação específica a ambientes desfavoráveis.

Pela metodologia de Lin e Binns (1988), os genótipos Aporé, EMGOPA 201-Ouro, CNFv 8025, Rudá, e Xamego, em ordem decrescente, foram os mais estáveis pelas estimativas de P_i e os genótipos CNF 4129 A 54, CNF 7135 Bambuí, CNF 4999 Rio Tibagi e IAC Carioca Eté os de comportamento menos previsível. Observou-se que os genótipos mais estáveis foram também os mais produtivos (Tabela 4).

Segundo Lin e Binns (1988), a estimativa P_i pode ser ainda desdobrada em duas partes: a primeira, atribuída ao desvio genético em relação ao máximo, isto é, uma soma de quadrados de genótipos; e a segunda correspondente à parte da interação GxE. A primeira parte não é prejudicial ao trabalho, pois não implica, necessariamente, na alteração da classificação dos genótipos; a segunda parte pode afetar a classificação dos genótipos. Logo, o ideal de um genótipo que apresente o

Tabela 3 - Médias (β_{0i}), estimativas dos coeficientes de regressão (β_{1i}), desvios de regressão (σ_{di}^2) e coeficientes de determinação (R^2) de 13 genótipos de feijão, avaliados quanto à produtividade de grãos no Mato Grosso do Sul.

Genótipo	β_{0i}	$\beta_{1i}^{(1)}$	$\sigma_{di}^2^{(2)}$	R^2 (%)
Rudá	2178,00	0,9700 ^{ns}	128693,1146**	67,33
Aporé	2307,80	0,7530**	110006,1900**	58,78
Xamego	2037,20	0,9319 ^{ns}	95113,3169**	71,24
Pérola	1713,50	0,8219*	87 035,3297**	67,51
Ouro Negro	1963,60	1,3170**	212871,2678**	70,59
Diamante Negro	1749,10	0,9986 ^{ns}	36569,6195**	85,75
IAPAR-14	1867,00	0,6912**	151369,7541**	47,49
EMGOPA 201-Ouro	2305,60	1,1278 ^{ns}	270922,3590**	58,40
IAC Carioca Eté	1728,80	0,6066**	121449,5076**	45,89
CNF 7135 Bambuí	1629,10	1,3106**	393732,3771**	57,04
CNF 4999 R. Tibagi	1763,20	1,1723*	96833,6740**	79,43
CNF 4129 A 54	1362,90	1,0554 ^{ns}	199921,0933**	62,04
CNFv 8025	1964,70	1,2438**	245918,8492**	65,17

^{ns}: não significativo a 5% de probabilidade; (**): significativo a 1% de probabilidade; ⁽¹⁾ significância pelo teste “t”; ⁽²⁾ significância pelo teste “F”.

Tabela 4 - Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade obtidas pelo método de Lin e Binns (1988) referentes a 13 genótipos de feijão avaliados em 12 ambientes, no Mato Grosso do Sul, para a produtividade de grãos.

Genótipos	Média*	P _i /1000	Desvios		
			Genético/1000	Interação /1000	Contribuição p/ interação (%)
CNF 4129 A 54	1362,90	1099,0778	953,0166	146,0611	9,16
CNF 7135 Bambuí	1629,10	959,1649	618,1824	340,9825	21,39
CNF 4999 R. Tibagi	1763,20	630,7856	478,0328	152,7528	9,59
Pérola	1713,50	627,3969	527,9494	99,4474	6,24
IAC Carioca Eté	1728,80	587,0414	512,3419	74,6995	4,68
Diamante Negro	1749,10	563,4420	493,2038	70,2382	4,41
IAPAR-14	1867,00	478,0277	381,9889	96,0388	6,02
Ouro Negro	1963,60	419,3257	289,3935	129,9321	8,15
Xamego	2037,20	304,6945	247,7102	56,9843	3,57
CNFv 8025	1964,70	301,3420	133,1934	168,1486	10,55
Rudá	2178,00	284,3477	158,4782	125,8694	7,90
EMGOPA 201	2305,60	181,9505	94,8010	87,1494	5,47
Aporé	2307,80	139,5464	93,8407	45,7056	2,87

(*) = Kg ha⁻¹

menor P_i é que a maior parte deste valor seja atribuída ao desvio genético e, conseqüentemente, menor seja a contribuição dos desvios da interação. A análise dos dados apresentados na Tabela 4, de maneira geral, comprova esta associação.

O estudo da interação, realizado pela análise de componentes principais, consistindo no desdobramento da $SQ_{(G \times E)}$, evidenciou os quatro primeiros eixos ($IPCA_1$, $IPCA_2$, $IPCA_3$ e $IPCA_4$) apresentando significância ao nível de 1%. Para seleção de modelos AMMI mais preditivos e

parcimoniosos, adotou-se o critério “pós-ditativo” pelo teste F_{GOLLOB} (GOLLOB, 1968).

A interpretação gráfica em *biplot* foi feita com base na variação devida aos efeitos principais aditivos de genótipos e ambientes e do efeito multiplicativo da interação genótipos x ambientes. O primeiro eixo singular da análise AMMI1 ($IPCA_1$) explicou 82,6% da variância total das variáveis originais (Figura 1). Assim, pelo critério de Gollob (GOLLOB, 1968), o modelo AMMI1 foi selecionado como aquele que melhor descreve o padrão inerente à

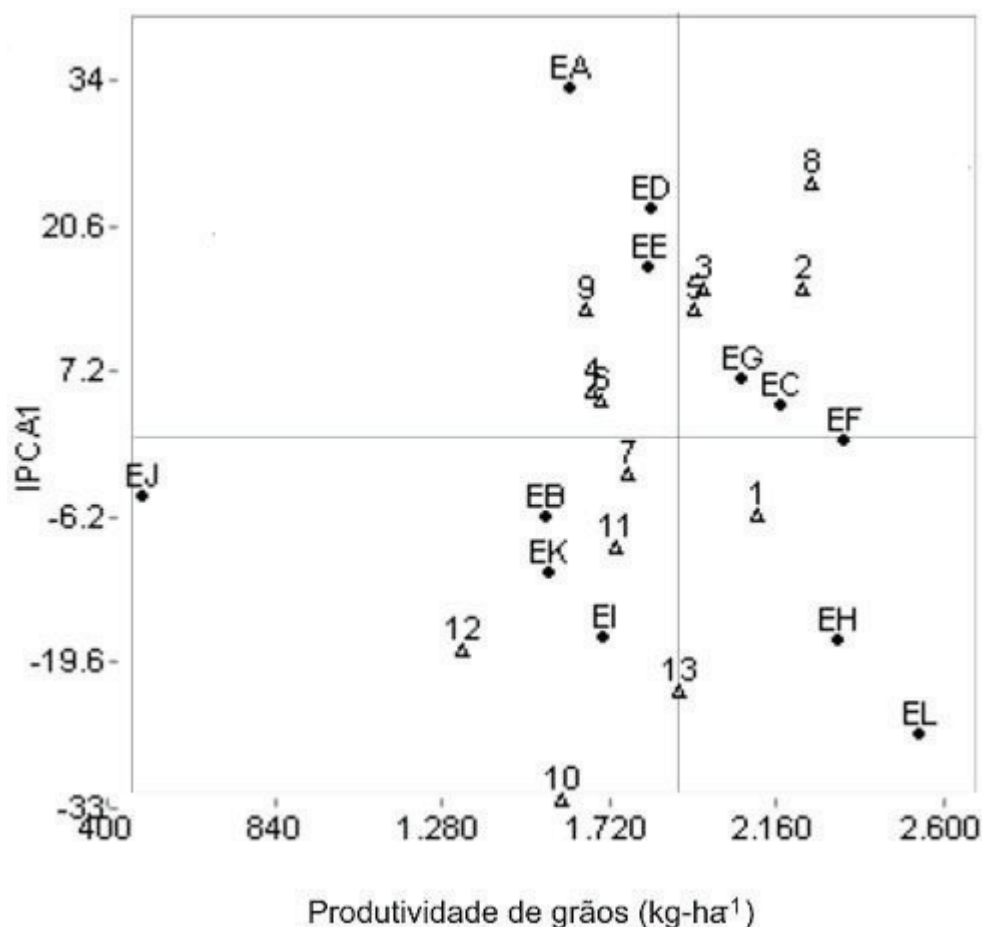


Figura 1 - Biplot AMMI para efeitos principais e interação G x E para dados de produtividade de grãos de 13 genótipos de feijão (1,..., 13) cultivados em 12 ambientes (EA, ..., EL).

Tabela 5 - Produtividade de grãos de 13 genótipos de feijão em 12 ambientes, no Mato Grosso do Sul.

Genótipos	Ambientes - E									
	EA	EB	EC	ED	EE	EF	EG	EH	EI	EJ
Rudá	1542,7* c	2370,7 a	1980,4 d	2141,8 c	2438,1 a	2586,4 b	2081,3*b	2108,9 c	2187,5 a	1299,8 c
Aporé	2767,9 a	1840,7 e	2460,7 c	2494,1 b	23473 a	2582,4 b	2521,2 a	1887,0 c	1968,8 a	1900,0 b
Xamego	2084,6 b	1807,1 f	2308,7 c	2136,3 c	2532,5 a	2450,4 b	2507,6 a	1992,2 c	1576,8 b	1378,5 c
Pérola	1434,8 c	1183,6 j	1770,7 d	1845,7 c	2296,3 a	1891,9 c	1852,9 b	2012,9 c	1439,4 b	731,5 e
O. Negro	1960,3 b	902,4 l	3250,8 a	1924,7 c	2014,0 b	3098,2 a	2475,4 a	2238,1 c	1348,6 b	810,5 d
D. Negro	1451,7 c	1225,8 i	2006,2 d	1696,8 c	2179,5 b	2340,8 b	1970,3 b	2187,1 c	1767,8 a	935,5 d
IAPAR 14	1618,0 c	1152,9 k	2390,0 c	1923,1 c	1157,9 d	1832,0 c	1867,9 b	2901,1 a	1681,5 b	2413,6 a
EMGOPA	2864,4 a	2008,4 e	2909,9 b	3073,6 a	2499,9 a	2586,8 b	2571,8 a	2810,1 a	1436,4 b	1030,8 d
Carioca Été	2242,3 b	1321,4 h	1345,2 e	1969,9 c	1363,6 c	2319,2 b	1973,3 b	1920,2 c	1546,2 b	1436,7 c
BambuÍ	458,7 f	827,3 m	1661,6 d	775,9 e	996,9 d	2156,5 c	1894,0 b	3020,6 a	2172,3 a	630,0 e
CNF 4999	1201,1 d	2060,7 b	1863,3 d	1357,4 d	1580,2 c	2569,6 b	2006,1 b	2750,6 a	1770,0 a	532,5 e
CNF 4129	578,8 f	1612,7 g	1732,9 d	1044,6 e	1015,6 d	1495,2 d	1204,0 c	1855,6 c	1283,7 b	598,3 e
CNFv8025	817,9 e	1941,2 d	2575,5 c	1451,5 d	1341,6 c	2533,6 b	1984,9 b	2482,0 b	1962,3 a	1275,4 c
Média	1617,2	1558,1	2173,5	1833,6	1827,9	2341,8	2070,1	2321,0	1703,2	1151,7
C.V. (%)	8,9	8,3	7,2	10,8	8,5	10,0	11,8	8,0	15,1	15,8

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, são estatisticamente iguais pelo teste de Scott-Knot a 5% de probabilidade.

interação genótipos x ambientes.

Na Figura 1, se encontra a representação *biplot* resultante da análise pelo modelo AMMI1 para o caráter produtividade de grãos. As cultivares EMGOPA 201-Ouro (8) e CNF 7135 Bambuí (10) são as que mais contribuem para interação por apresentam as maiores magnitudes de escores (em valores absolutos) no eixo de interação, sendo, portanto, altamente instáveis. Genótipos como CNFv 8025 (13) e CNF 4129 A 54 (12) demonstram relativa instabilidade e interação específica positiva com os ambientes EK e EI. Comportamento semelhante pode ser observado para os genótipos IAC Carioca Eté (9), Xamego (3) e Aporé (2) que, relativamente instáveis, interagem positivamente com os ambientes ED e EE.

Os genótipos Rudá (1), IAPAR 14 (7), CNF 4999-Rio Tibagi (11), Pérola (4) e Diamante Negro (6), por apresentarem menor coordenada para o eixo $IPCA_1$, são os que menos contribuem (mais estáveis) para a interação. Dessas, apenas a cultivar Rudá apresenta produtividade de grãos acima da média geral, demonstrando ampla adaptação a todos os ambientes, podendo ser recomendada de forma generalizada. Interações específicas positivas são observadas entre os genótipos IAPAR 14 (7) e CNF 4999-Rio Tibagi (11) com os ambientes EB, EK e EI e, entre as cultivares Diamante Negro (6) e Pérola (4), com os ambientes EG e EC, o que é possível afirmar dada a proximidade dos escores no biplot e por estarem situados em quadrantes de mesmo sinal. Observou-se, também, que a cultivar EMGOPA 201-Ouro (8) (uma das mais instáveis) denota interação positiva com os ambientes EA, ED (Dourados, safra “das águas”) e EE (Dourados, safra da seca).

O resultado do desdobramento da interação genótipos x ambientes se encontra na Tabela 5. Observou-se que, em todos os ambientes, as médias dos genótipos diferiram estatisticamente ($p < 0,05$) permitindo inferir sobre a presença de variabilidade genética para o caráter na população avaliada. A amplitude variou de 458,7 kg ha⁻¹, para o genótipo CNF 7531 Bambuí, no ambiente EA, a 3284,6 kg ha⁻¹ para o genótipo CNFv 8025, no ambiente EL, com média geral de 1890,00 kg ha⁻¹ de grãos de feijão. As cultivares Aporé e Rudá mantiveram produtividade de grãos superior à média geral em, praticamente, todos

os ambientes, enquanto que as cultivares EMGOPA 201-Ouro, Xamego, Ouro Negro e CNFv 8025, embora com produtividade média geral elevada, tiveram comportamento inconstante nos ambientes. A linhagem CNF 4129 A 54 foi a de menor produtividade de grãos na maioria dos ambientes.

Considerando-se apenas a magnitude dos valores médios encontrados em cada ambiente, a maior média de produtividade de grãos foi obtida no ambiente L (2520,0 kg ha⁻¹) e a menor no ambiente J (1151,7 kg ha⁻¹) (Tabela 5).

As metodologias adotadas divergem na classificação dos genótipos quanto à adaptabilidade e estabilidade, fato observado, por exemplo, com a cultivar EMGOPA 201-Ouro que, caracterizada como de comportamento instável pelo modelo AMMI-biplot e pelo método de Eberhart e Russell, é o segundo genótipo mais estável pelo parâmetro de Lin e Binns. A cultivar Aporé, classificada como a de maior adaptabilidade e estabilidade pelo método de Lin e Binns, está classificada, pelos parâmetros de Eberhart e Russell, como de comportamento imprevisível e de adaptação a ambientes desfavoráveis. Tais fatos corroboram a idéia do emprego conjunto de metodologias de adaptabilidade e estabilidade de genótipos pelo fornecimento de informações adicionais e complementares.

Os diferentes ambientes em que o feijão é cultivado no Estado de Mato Grosso do Sul e as diferentes respostas dos genótipos a esses, como pode se ver na Tabela 5, evidencia a necessidade imprescindível de se fazer estudos de adaptabilidade e de estabilidade com vista à recomendação mais adequada de cultivares aos produtores.

CONCLUSÕES

1. Apenas a cultivar Rudá é de ampla adaptabilidade de acordo com as metodologias de Eberhart e Russell, Linn e Binns e modelo AMMI-biplot.
2. Os genótipos CNF 7135 Bambuí e CNF 4129 A 54 são os de comportamento mais instáveis e os menos produtivos.
3. Nenhum dos genótipos avaliados é

de comportamento previsível quando se considera simultaneamente as três metodologias.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Apoio ao Desenvolvimento de Ensino Ciência e Tecnologia do Mato Grosso do Sul (FUNDECT) por ter financiado o presente trabalho e pela concessão de bolsa ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, A. de F. B.; RAMALHO, M. A. P.; ANDRADE, M.J.B. de.; PEREIRA FILHO, I. A. Estabilidade de Linhagens de Feijão em Algumas Localidades no Estado de Minas Gerais no Período de 1994 a 1995. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.22, n.3, p. 308-312, 1998.
- CHAVES, L. J. Interação de Genótipos com Ambientes. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARS-INGLIS, M.C.C. (Ed.) **Recursos Genéticos e Melhoramento-Planta**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p. 673-713
- CRUZ, C. D. **Programa GENES: Biometria**. Viçosa: Editora UFV, 2006.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, AJ; CARNEIRO, PCS. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2004.
- EBERHART, S.A.; RUSSELL, W. A. Stability Parameters for Comparing Varieties. **Crop Science**, Madison, v.6, n.1, p. 36-40, 1966.
- ELIAS, H. T.; HEMP, S.; SCAPIN, C. A.; RODOVALHO, M. de A.; ROYER, M. R.; MORA, F.; BARRETO, R. R. Análise de Estabilidade de Genótipos de Feijoeiro no Estado de Santa Catarina. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.27, n.4, p. 623-628, 2005.
- GABRIEL, K. R. The Biplot-Graphical Display of Matrices with Applications to Principal Components Analysis. **Biometrika** [SI], v.58, p. 453-467, 1971.
- GAUCH, H. C. **Statistical Analysis of Regional Yield Trials: AMMI Analysis of Factorial Designs**. New York: Elsevier Science, 1992. 278 p.
- GAUCH, H. C.; ZOBEL, R. W. Predictive and posdictive success of statistical analysis of yields trials. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v.35, n.3, p. 905-912, 1988.
- GOLLOB, H. F. A Statistical Model which Combines Features of Factor Analytic and Analysis of Variance Techniques. **Psychometrika**, Baltimore, v. 33, n.1, p. 73-115, 1968.
- PESQ. AGROP. GAÚCHA, PORTO ALEGRE, v.15, n.2, p.135-144, 2009.
- HELGAÐÓTTIR, A.; KRISTJÁNSÓTTIR, T. Simple Approach to the Analysis of G x E Interactions in a Multilocal Spacial Plant Trial with Timothy. **Euphytica**, Wageningen, v. 54, p. 65-73, 1991.
- INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE (IRRI). **CROPSTAT v. 7.0. Tutorial Manual**. Fillipines: Crop Research Informatic Laboratory, 2007. 332p.
- LIN, C. S.; BINNS, M. R. A. Stability Analysis: where do we Stand. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Madison, v. 26, n.5, p.894-899, 1988.
- MELO, L. C.; SANTOS MELO, P.G.; FARIA, L.C. de; DIAZ, J.L.C; PELOSO, M.J. de.; RAVA, C.A.R.; COSTA, J.G.C. de. Interação com Ambiente e Estabilidade de Genótipos de Feijoeiro-comum na Região Centro Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.5, p.175-723, 2007.
- NUNES, G. H. de S.; ELIAS, H. T.; HEMP, S.; SOUZA, M.A. de Estabilidade de cultivares de feijão-comum no Estado de Santa Catarina. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 46, p. 625-633, 1999.
- PEREIRA, H.S.; MELO, L.C.; FARIA, L.C.de.; DEL PELOSO, M.J.; COSTA, J.G.C. da.; RAVA, C.A.; WENDLAND, A. Adaptabilidade e Estabilidade de Genótipos de Feijoeiro-comum com Grãos Tipo Carioca na Região Central do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.1, p. 29-37, 2009.
- PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C.G. **Estatística Aplicada a Experimentos Agrônômicos e Florestais**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309p.
- RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J.B. dos; ZIMMERMANN, M. J. de O. **Genética Quantitativa em plantas Autógamas: Aplicação ao Melhoramento do Feijoeiro**. Goiânia: UFG, 1993.
- RIBEIRO, N. D.; JOST, E.; POSSEBON, S. B.; GARGNELUTTI FILHO, A. Adaptabilidade e Estabilidade de Cultivares Registradas de Feijão em Diferentes Épocas de Semeadura

AGENOR MARTINHO CORREA, MANOEL CARLOS GONÇALVES, LUIZ CARLOS FERREIRA DE SOUZA, EDSON TALARICO RODRIGUES E SILVANA DE
 PAULA QUINTÃO SCALON⁶
 para a Depressão Central do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.5, p. 1395-1400, 2004. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) –
 Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

VERONESI, J. A. **Comparação de Métodos e Avaliação de Adaptabilidade e Estabilidade de Comportamento de Vinte Genótipos de Milho (*Zea mays* L.) em Dez Ambientes do Estado de Minas Gerais.** 1995. 90 p. ZOBEL, R. W.; WRICGHT, M. J.; GAUCH, H.G. Statistical Analysis of a Yield Trial. **Agronomy Journal**, Madison, v.80, n.3, p. 388-393, 1988.

O Clima da Região dos Campos de Cima da Serra, Rio Grande do Sul: condições térmicas e hídricas

Tatiane Paiva Pereira¹, Denise Cybis Fontana², Homero Bergamaschi²

Resumo – O objetivo deste trabalho foi disponibilizar informações sobre o clima da Região dos Campos de Cima da Serra, focalizando as condições térmicas e hídricas. Foram utilizados dados das estações meteorológicas de Bom Jesus, Lagoa Vermelha e Vacaria para os elementos temperatura do ar (máxima, mínima e média), precipitação pluvial e número de dias de chuva numa série histórica de 1931 a 1990. Foram determinadas algumas estatísticas básicas e a tendência temporal. Coerente com a variação anual da disponibilidade de radiação solar, a oscilação térmica indicou que julho é o mês mais frio e janeiro é o mês mais quente, sendo que a temperatura média mensal variou de 11,4°C a 22,1°C. A precipitação pluvial mensal oscilou entre 101mm e 174mm mensais e o número de dias com precipitação pluvial foi de 9 a 16 dias. Observou-se tendência de diminuição da temperatura máxima e aumento da temperatura mínima e do número de dias com precipitação.

Palavras-chave - climatologia, temperatura, chuva.

The climate of the Campos de Cima da Serra Region, Rio Grande do Sul state, Brazil: thermal and water conditions

Abstract - This work has the objective to make available information about the climate of Campos de Cima da Serra Region, in Rio Grande do Sul State, Brazil, focusing on thermal and water conditions. Data from meteorological stations located in Bom Jesus, Lagoa Vermelha, and Vacaria were used for analyzing the air temperature, pluvial precipitation, and number of rainy days, taking into accounts the meteorological series from 1931 to 1990. Several basic statistics and temporal tendencies were determined. In according to the annual variation of the global solar radiation, the thermal oscillation showed that July is the coldest month and January is the warmest month. The monthly average air temperature ranged from 11.4°C to 22.1°C. The monthly average pluvial precipitation ranged from 101mm to 174mm, while the number of rainy days had ranged from 9 to 16 days a month. Tendencies of decreasing the maximum air temperature and of increasing the minimum air temperature and the number of rainy days were observed.

Key-words - climatology, temperature, pluvial precipitation

INTRODUÇÃO

Estudos climáticos vêm-se ampliando, dada a crescente disponibilidade de observações meteorológicas, sendo úteis para a orientação do setor produtivo e demais segmentos da sociedade. Estes estudos auxiliam às atividades de previsão de safras, implantação de empreendimentos agroflorestais, uso e manejo adequado de recursos naturais e paisagísticos, incluindo a recuperação de áreas degradadas.

Os primeiros estudos realizados sobre o clima do Rio Grande do Sul foram feitos por Araújo (1930), Machado (1950) e Moreno (1961). Estes foram baseados nas primeiras séries de dados meteorológicos medidos no Estado. Após, seguiu-se uma série grande de trabalhos, os quais analisaram o clima desde uma escala local até a escala estadual, para uma série mais extensa de dados. Para o Rio Grande do Sul foram disponibilizados os valores médios e as normais de diversos elementos

meteorológicos no Atlas Agroclimático do Estado do Rio Grande do Sul (IPAGRO, 1989). Dados referentes à região dos Campos de Cima da Serra são mostrados em alguns trabalhos publicados a partir da década de 1990, com abrangência de todo o Estado. Ávila (1994) avaliou o regime de precipitação pluvial. Berlatto et al. (1995) avaliaram a tendência temporal da precipitação pluvial. Ávila et al. (1996) analisaram a probabilidade de ocorrência de precipitação pluvial mensal igual ou superior à evapotranspiração potencial. Fontana e Almeida (2002) analisaram a variabilidade e tendência temporal do número de dias com precipitação pluvial. Diniz et al. (2003) determinaram regiões homogêneas para as temperaturas máximas e mínimas, sua distribuição espacial e variabilidade temporal.

Localizados na região ecoclimática do Planalto Superior e Serra do Nordeste, os Campos de Cima da Serra possuem um total de 297.950 habitantes, sendo

¹ Meteorologista [almtatiana@yahoo.com.br]

² Engo. Agro, Dr, UFRGS – Av. Bento Gonçalves 7712 – Porto Alegre, RS [dfontana@ufrgs.br ; homerobe@ufrgs.br]

a densidade demográfica representada por 14 hab/km². A altitude média é de 684 m a 1.047 m, com grandes extensões de campos favoráveis à criação de gado bovino, além de mata nativa, florestas exóticas e grande quantidade de pomares comerciais (Jacques, 2000). A economia da região é baseada no turismo e na atividade agropecuária, tendo como prática comum o uso das queimadas no final do inverno. Esta prática tem prejudicado a vegetação característica, que são campos de altitude, ocorrendo em alguns locais matas em galerias ou então restos de antigas matas de araucária (*Araucaria angustifolia*).

O estudo do clima da região dos Campos de Cima da Serra, de forma detalhada, permite um melhor conhecimento do meio físico da região e, em consequência, pode servir de base para um desenvolvimento sustentável da mesma, que é uma das mais belas do Rio Grande do Sul. O objetivo deste trabalho foi, portanto, disponibilizar informações sobre o clima da Região dos Campos de Cima da Serra, focalizando nas condições térmicas e hídricas.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo é conhecida popularmente como Campos de Cima da Serra e está localizada na Região

Ecoclimática do Planalto Superior e Serra do Nordeste (EMBRAPA, 1994), com altitudes de 684 a 1.047m (Figura 1).

Neste estudo foram utilizados dados climatológicos mensais, provenientes de estações meteorológicas pertencentes à Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO), ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e à Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S. A. (EPAGRI). As estações meteorológicas principais utilizadas nas análises estão localizadas nos municípios de Bom Jesus, Lagoa Vermelha e Vacaria. As estações de Passo Fundo, Caxias do Sul, Farroupilha, Veranópolis, São Joaquim e Lajes (estas duas em Santa Catarina), foram utilizadas como estações auxiliares, para o traçado de isolinhas de elementos climáticos.

No estudo foram analisados os elementos: temperatura do ar (máxima, mínima e média), precipitação pluvial e número de dias com precipitação pluvial. Foram calculadas as médias mensal, anual e sazonal para esses elementos, nas respectivas estações meteorológicas. Foram, também, determinados os valores limites dos "tercís" da série 1961-1990 para alguns elementos meteorológicos, associados ao fenômeno El Niño/La Niña.

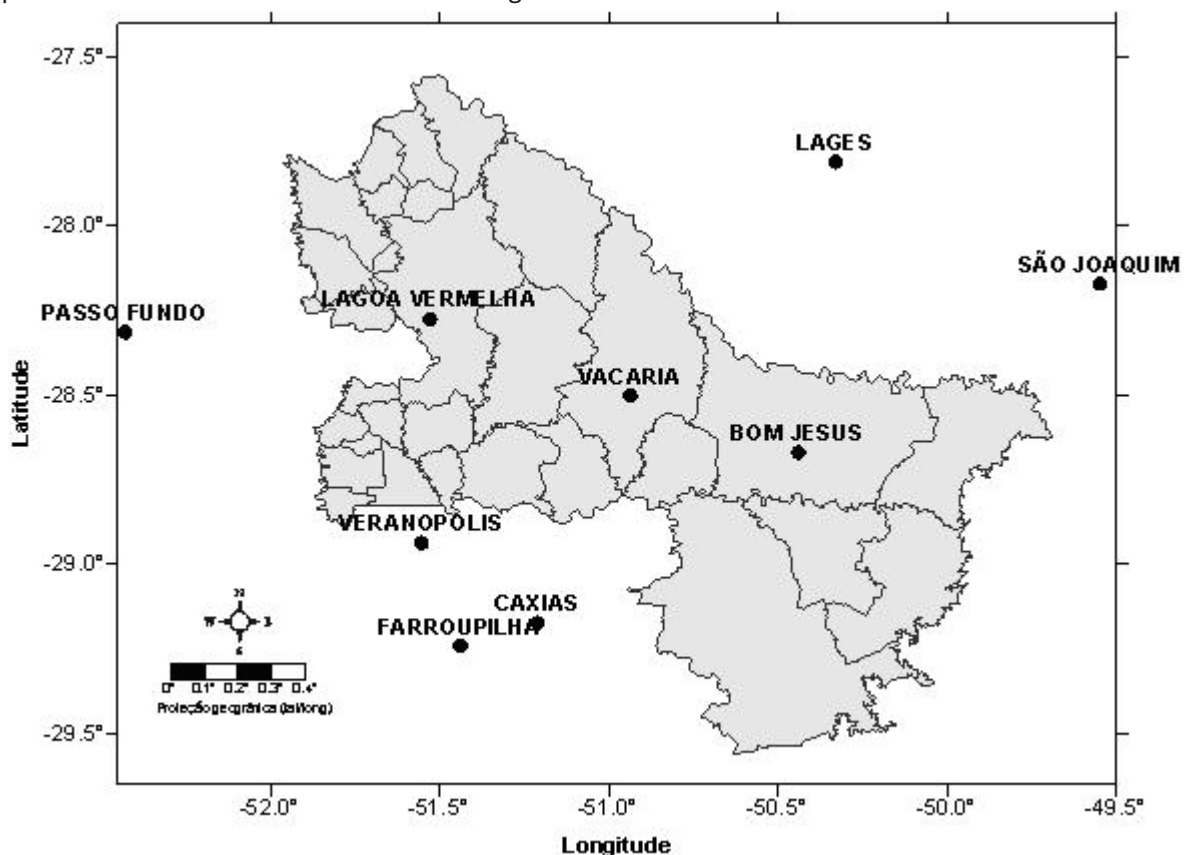


Figura 1 - Região dos Campos de Cima da Serra e as estações meteorológicas usadas no estudo (pontos pretos).

Os “tercís” foram obtidos a partir do ordenamento da série de dados de forma crescente, repartindo a mesma em três partes com igual número de dados.

A tendência temporal dos elementos meteorológicos foi avaliada, para o período 1931-1990, através do ajuste de regressão linear simples e teste de significância do coeficiente de regressão. Os modelos ajustados foram do tipo:

$$Y = a + bX \quad (1)$$

sendo y os elementos testados, X os anos de observação (a partir de 1961), a o intercepto ao eixo das ordenadas e b o coeficiente de regressão linear.

As hipóteses $H_0: b=0$ (não existe tendência) e $H_1: b \neq 0$ (existe tendência) foram testadas aplicando-se o teste t , para o nível de 5% de significância.

Foram elaborados mapas contendo a distribuição espacial das normais 1961-1990 dos elementos meteorológicos estudados. A geração das isolinhas foi feita por interpolação espacial, através do método de Kriging, utilizando o programa Surfer.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Tabelas 1 a 5 são apresentados resultados relativos às estatísticas básicas dos elementos estudados, de todos meses do ano, estações do ano e período anual, para as estações de Bom Jesus, Lagoa Vermelha e Vacaria.

Conforme esperado, associada às variações da declinação solar verificou-se uma correspondente variação na temperatura do ar ao longo do ano (Tabelas 1, 2 e 3), sendo que a estação que apresentou maiores valores de temperatura foi o verão e os menores valores o inverno (IPAGRO, 1989). No verão a temperatura média variou de 19,7°C a 22,7°C, sendo que a variação da temperatura máxima foi entre 24,9°C a 27,2°C e a temperatura mínima esteve entre 14,4°C a 16,1°C. No inverno as variações foram, respectivamente, de 11,8°C a 13,3°C, de 17,0°C a 18,4°C e de 6,4°C a 8,2°C. As temperaturas (máxima, média e mínima) foram sempre inferiores em Bom Jesus e superiores em Lagoa Vermelha, coerente com a altitude destes locais. Os coeficientes de variação estiveram abaixo de 14% para as temperaturas média e máxima. Para a temperatura mínima os coeficientes foram maiores,

atingindo 30%.

Observa-se que os totais anuais da precipitação pluvial, assim como sua distribuição ao longo do ano, foram muito semelhantes nas três estações meteorológicas estudadas (Tabela 4). Os totais anuais foram superiores a 1.600mm. Confirmando a característica de região chuvosa, verificada em trabalhos anteriores (IPAGRO, 1989, Berlato et al., 1995; Ávila et al., 1996), nos Campos de Cima da Serra os totais mensais médios de precipitação pluvial oscilaram entre 101mm e 174mm mensais, não constituindo estação seca definida. Segundo classificação de Köppen (1948), a Região pode ser classificada como Cfb, ou seja, clima temperado úmido. Os altos coeficientes de variação observados (acima de 40% em todos os meses e superior a todos os demais elementos climatológicos avaliados) demonstram a alta variabilidade interanual deste elemento, podendo, em alguns anos, ocorrer déficit hídrico ou, em outros (e mais freqüentemente) ocasionar excedentes hídricos (Puchalski, 2000).

Para o número de dias com precipitação pluvial (Tabela 5), verificou-se uma variação de 9 (Lagoa Vermelha e Vacaria) a 16 (Bom Jesus) dias ao longo dos meses, enquanto que o total anual variou de 134 a 149 dias. O outono foi a estação do ano que, em geral, apresentou o menor número de dias de com precipitação pluvial para as três localidades, também verificado por Fontana e Almeida (2002).

É crescente o interesse por informações de previsões climáticas, associadas a fenômenos de grande escala, como o El Niño/La Niña. Em geral, essas previsões estão associadas à distribuição da precipitação pluvial e da temperatura média do ar, na forma de “tercís”, ou seja, de grupo idêntico de observações situadas no terço superior, médio e inferior da distribuição dos dados de uma série histórica longa. Previsões climáticas de consenso para o Brasil são disponibilizadas pelo INMET (<http://www.inmet.gov.br/>). Para contribuir neste sentido foram determinados os valores limites dos “tercís” para alguns elementos climatológicos, os quais são apresentados nas Tabelas 1 a 5.

A Tabela 6 apresenta coeficientes de regressão linear determinados na análise de tendência temporal, para as três localidades consideradas. Para o período e

loais analisados, verificou-se que as temperaturas do ar máxima e mínima apresentaram coeficientes de regressão significativos para as três localidades. Houve tendência de aumento da temperatura mínima e de diminuição da temperatura máxima. Não foi observada tendência significativa de alteração da temperatura média do ar, o que é coerente com as tendências opostas verificadas nas temperaturas mínimas e máximas (Vincent et al., 2005). Para a precipitação pluvial observa-se que o verão de

Vacaria apresentou tendência significativa de aumento, mas Bom Jesus e Lagoa Vermelha não apresentaram tendências significativas. Este resultado é discordante do observado por Haylock et al. (2006), os quais verificaram tendência significativa de incremento na precipitação pluvial em todo o sudeste da América do Sul. Por outro lado, coerente com Fontana e Almeida (2002) e Haylock et al. (2006), o número de dias com precipitação pluvial teve tendência significativa de aumento, para

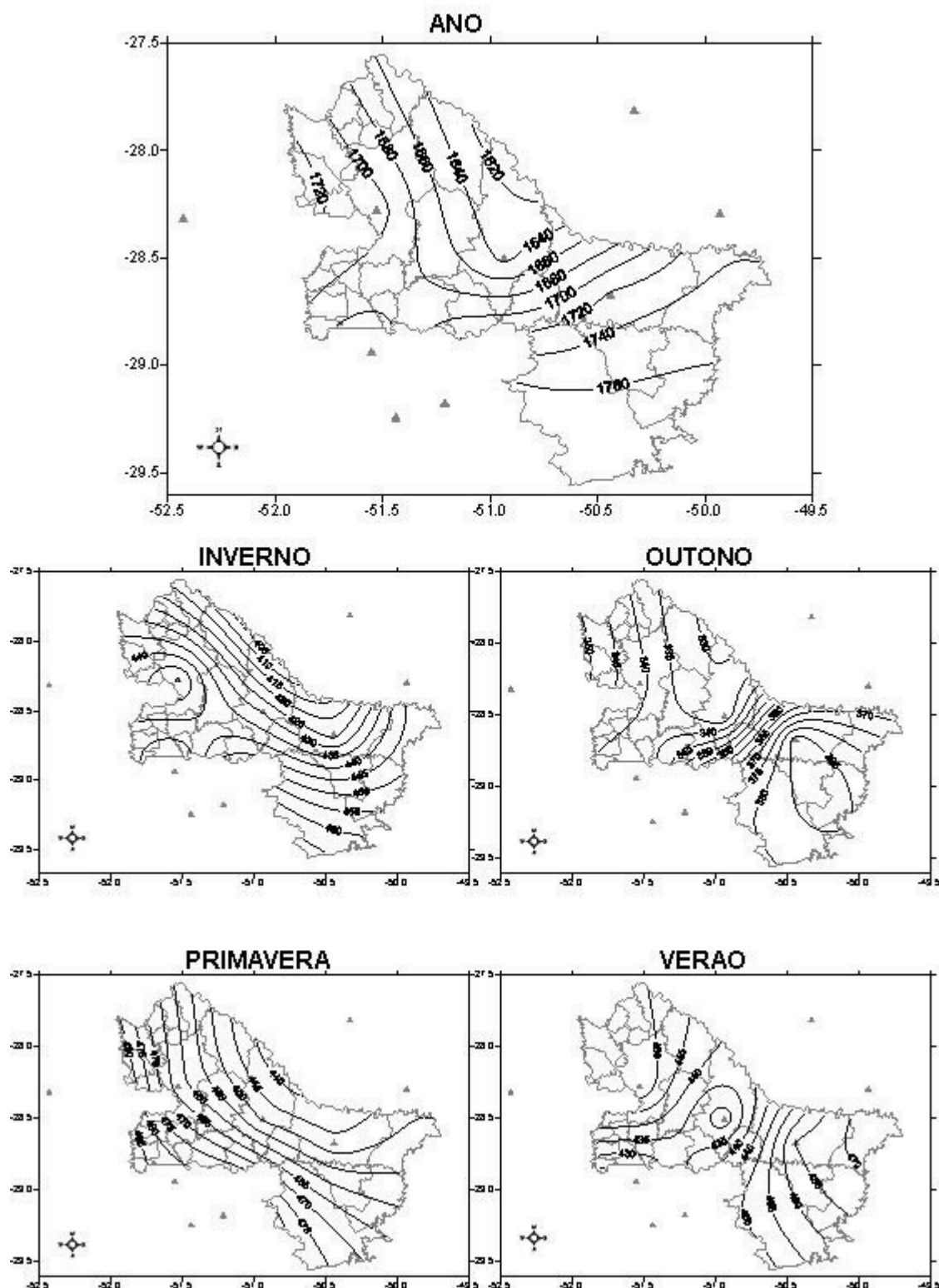


Figura 2 - Isolinhas de precipitação pluvial (mm) na Região dos Campos de Cima da Serra, para as normais 1961-90 anuais e estacionais.

as três localidades. O verão foi a estação com maiores coeficientes de regressão para este elemento. A tendência de incremento no número de dias com precipitação pluvial mostra coerência física com as tendências verificadas para as temperatura mínima e máxima. Isto pode ser atribuído ao aumento da nebulosidade, que tende a acarretar diminuição da temperatura máxima, devido à maior reflexão pelas nuvens da radiação solar incidente. O incremento de nebulosidade também tende

a elevar as temperaturas mínimas, em função do maior aprisionamento da radiação de ondas longas noturna emitida pela superfície.

Nas Figuras 2 e 3 encontram-se mapas com a distribuição espacial das normais climatológicas padrões, correspondentes a 1961-1990, para precipitação pluvial e número de dias de chuva. Optou-se por não apresentar mapas para temperatura do ar por considerar que, em meso e microescala, a relação da temperatura com

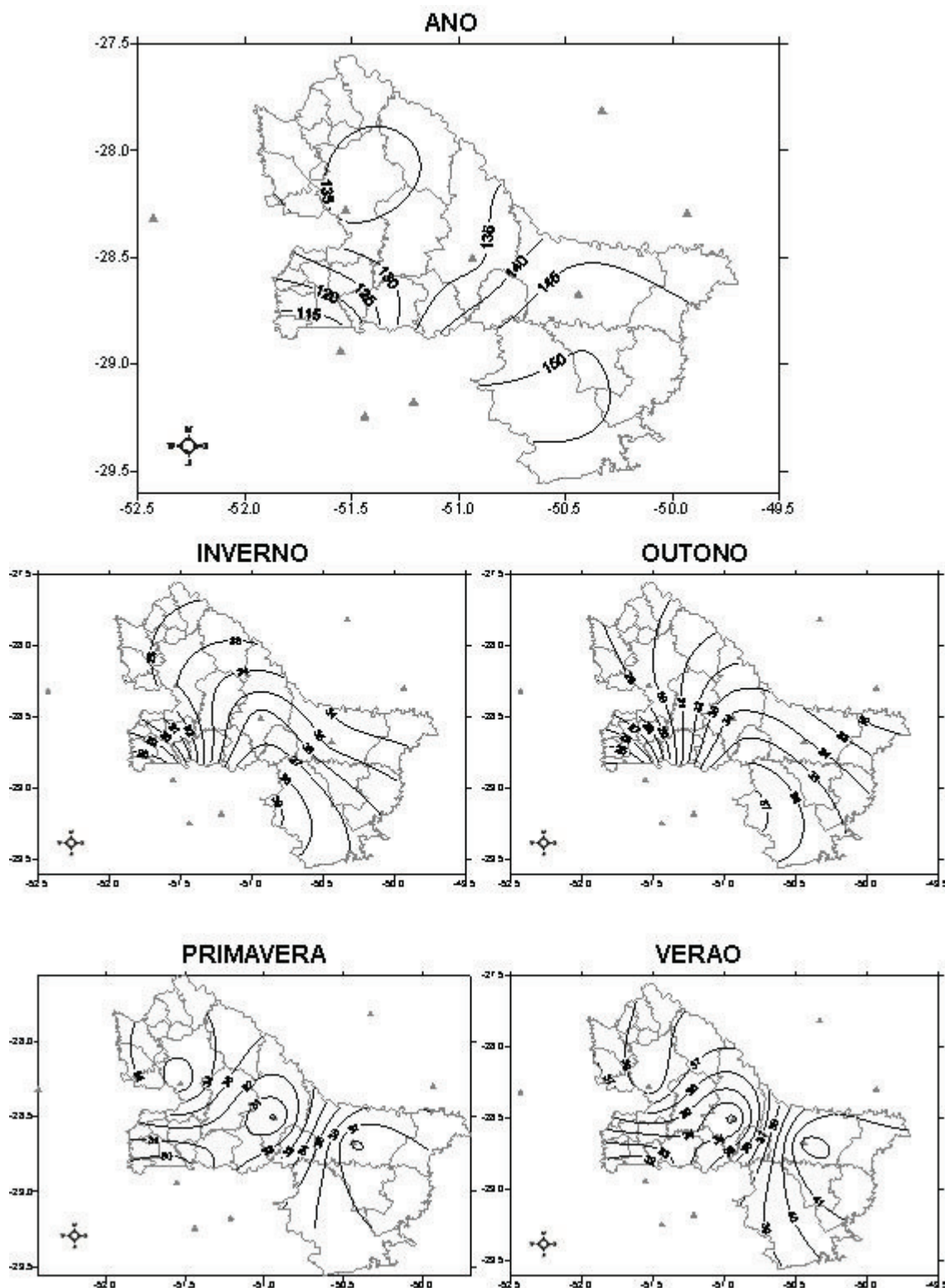


Figura 3 - Isolinhas de número de dias com precipitação pluvial na Região dos Campos de Cima da Serra, para as normais 1961-90 anuais e estacionais.

Tabela 1 - Estatísticas da temperatura média do ar (°C). Período 1961-90.

		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO	VER	OUT	INV	PRI
BOM JESUS																		
Normal		20,0	20,2	18,8	15,9	13,3	11,6	11,7	12,6	13,6	15,5	17,3	18,9	15,8	19,7	16,0	12,0	15,4
CV (%)		6,3	4,5	5,0	8,3	13,2	13,2	12,7	11,8	10,1	9,9	9,2	5,3	4,5	3,8	5,9	8,1	7,3
Tercil sup	max	21,7	22,2	20,9	18,5	17,7	14,8	13,8	15,8	16,5	19,6	21,5	21,2	17,6	21,0	17,9	13,8	18,0
	min	20,7	20,7	19,1	16,8	13,9	12,5	12,4	13,3	14,0	16,3	17,9	19,2	16,0	20,0	16,4	12,5	16,0
Tercil méd	max	20,7	20,7	19,1	16,6	13,9	12,3	12,3	13,3	14,0	15,9	17,6	19,2	15,9	20,0	16,4	12,4	15,7
	min	20,1	19,9	18,6	15,2	12,4	10,9	11,2	12,0	13,2	14,6	16,4	18,7	15,3	19,5	15,6	11,4	14,8
Tercil inf	max	19,6	19,9	18,5	15,2	12,4	10,7	11,0	11,9	13,0	14,5	16,4	18,5	15,3	19,3	15,6	11,4	14,8
	min	15,7	18,7	17,1	13,7	10,5	9,4	7,8	10,1	10,9	12,3	14,5	16,7	14,7	17,7	14,1	10,4	13,1
LAGOA VERMELHA																		
Normal		21,9	22,1	20,7	17,6	15,1	12,9	13,0	14,0	15,4	17,3	19,2	20,9	17,5	21,7	17,8	13,3	17,3
CV (%)		3,8	3,9	4,7	8,3	10,6	10,0	11,3	10,8	8,6	6,5	6,1	4,7	3,2	2,2	6,1	7,1	4,2
Tercil sup	max	23,2	24,2	22,3	20,4	19,6	15,5	16,0	17,2	18,0	20,4	22,3	22,9	19,0	22,5	20,6	15,1	18,7
	min	22,4	22,6	21,3	18,2	15,5	13,8	13,9	14,7	16,2	17,8	19,6	21,4	17,5	21,9	18,3	13,9	17,8
Tercil méd	max	22,3	22,5	21,3	18,2	15,4	13,7	13,7	14,6	16,2	17,7	19,6	21,4	17,5	21,9	18,3	13,8	17,6
	min	21,8	21,6	20,6	17,4	14,9	12,5	12,5	13,9	15,1	16,8	18,9	20,7	17,3	21,5	17,7	13,0	16,9
Tercil inf	max	21,8	21,6	20,6	17,2	14,8	12,1	12,4	13,6	15,0	16,7	18,8	20,6	17,3	21,5	17,5	13,0	16,9
	min	19,9	20,5	18,3	15,0	12,6	11,0	9,7	10,8	12,9	15,8	17,6	18,8	16,5	20,7	15,8	11,5	16,2
VACARIA																		
Normal		20,5	20,6	19,1	15,9	13,2	11,4	11,5	12,4	13,9	15,8	17,7	19,4	15,9	20,1	16,1	11,8	15,8
CV (%)		4,6	4,4	6,1	9,0	12,0	12,1	13,3	10,6	8,9	7,6	6,5	4,3	3,2	2,8	5,7	7,4	4,6
Tercil sup	max	22,2	23,1	22,3	18,6	15,9	13,9	14,5	15,0	16,0	18,5	20,4	21,3	16,8	21,2	17,8	13,2	17,2
	min	21,1	21,0	19,7	16,6	13,9	12,5	12,3	13,2	14,4	16,1	18,3	19,8	16,2	20,5	16,6	12,1	16,2
Tercil méd	max	21,1	21,0	19,6	16,5	13,8	12,3	12,2	13,1	14,4	15,7	18,2	19,7	16,1	20,5	16,5	12,1	16,2
	min	20,3	20,4	19,0	15,5	12,7	11,0	11,1	11,9	13,8	15,4	17,3	19,2	15,8	20,0	15,9	11,7	15,5
Tercil inf	max	20,2	20,3	18,8	15,5	12,7	10,8	11,0	11,9	13,8	15,1	17,3	19,0	15,7	19,8	15,9	11,5	15,4
	min	18,5	18,9	16,1	12,1	10,5	9,1	8,2	10,0	11,1	13,8	15,7	17,6	14,9	19,1	14,1	9,8	14,5

Tabela 2 - Estatísticas da temperatura máxima do ar (°C). Período 1961-90.

		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO	VER	OUT	INV	PRI
BOM JESUS																		
Normal		25,1	25,2	23,6	20,7	18,1	16,5	16,8	17,6	18,5	20,8	22,7	24,3	20,8	24,9	20,8	17,0	20,6
CV (%)		6,5	5,6	5,6	7,3	10,6	10,6	10,0	10,5	7,0	8,8	9,4	6,3	5,4	5,1	6,1	7,3	6,7
Tercil sup	max	28,5	27,8	26,1	24,2	23,3	20,8	17,9	21,3	20,8	24,9	27,9	27,0	23,3	27,4	24,1	19,5	23,5
	min	25,8	25,8	24,1	21,5	19,1	16,7	16,0	18,6	19,2	21,5	23,5	25,4	21,1	25,3	21,4	17,5	21,4
Tercil méd	max	25,4	25,6	24,1	21,4	18,9	16,6	16,5	18,5	19,2	21,2	23,5	25,2	21,1	25,2	21,2	17,1	21,2
	min	24,5	24,6	23,0	20,1	17,5	16,0	16,3	16,6	17,8	19,7	21,2	23,4	20,1	24,1	20,4	16,2	20,0
Tercil inf	max	24,5	24,3	22,8	20,0	17,4	15,8	15,7	16,6	17,7	19,6	21,0	23,4	20,0	24,1	20,4	16,1	19,9
	min	20,1	22,7	21,5	17,8	15,0	13,4	14,9	14,5	16,5	17,6	19,1	20,9	19,0	22,1	18,4	15,1	18,1
LAGOA VERMELHA																		
Normal		27,5	27,5	26,0	22,9	20,2	17,8	18,2	19,2	20,7	22,8	24,9	26,7	22,9	27,2	23,0	18,4	22,8
CV (%)		3,6	3,8	4,4	6,4	7,4	7,5	8,6	9,9	7,8	5,7	6,0	5,1	2,8	2,4	4,8	5,9	3,9
Tercil sup	max	29,5	30,0	27,6	25,3	23,1	21,4	21,0	23,7	23,0	25,5	28,4	29,7	23,9	28,5	24,7	20,8	23,0
	min	27,7	28,0	26,7	23,9	21,1	18,5	18,9	20,3	21,8	23,2	25,2	27,2	23,3	27,7	23,5	18,8	24,0
Tercil méd	max	27,6	27,6	26,7	23,4	20,7	18,4	18,6	20,0	21,1	23,1	25,0	27,1	23,2	27,5	23,5	18,7	23,9
	min	27,1	27,1	25,7	22,4	19,6	17,7	18,0	18,9	20,0	22,2	24,3	26,4	22,6	27,0	22,9	18,0	23,8
Tercil inf	max	27,0	27,0	25,6	22,3	19,5	17,5	17,7	18,6	20,0	22,1	24,2	26,2	22,5	26,9	22,8	18,0	23,8
	min	25,7	25,7	23,6	19,9	17,3	15,2	14,5	14,7	16,9	20,0	22,6	24,6	21,6	26,0	20,4	16,3	21,5
VACARIA																		
Normal		26,2	26,1	24,4	21,4	18,8	16,7	17,0	17,9	19,2	21,4	23,5	25,3	21,5	25,8	21,6	17,2	21,3
CV (%)		3,8	3,2	4,6	7,4	9,9	8,1	8,9	8,2	6,7	6,0	5,5	4,5	2,3	1,9	4,8	4,9	3,7
Tercil sup	max	27,0	26,5	23,5	21,0	20,1	17,2	17,8	21,5	18,2	23,7	24,2	26,2	22,2	26,6	21,5	18,8	22,0
	min	25,2	26,4	24,3	22,0	20,2	16,8	18,4	17,3	20,8	21,3	24,3	26,8	22,0	26,1	22,2	17,5	22,2
Tercil méd	max	26,2	26,5	24,7	23,8	20,8	17,3	17,1	17,1	20,0	21,1	22,6	26,3	22,0	26,3	23,1	17,2	21,2
	min	25,8	25,4	24,9	20,4	17,3	16,9	18,2	16,7	19,5	22,7	22,7	24,7	21,3	25,3	20,9	17,3	21,6
Tercil inf	max	25,8	25,8	22,7	18,8	16,3	16,2	15,4	19,1	18,1	20,0	20,8	23,7	20,2	25,1	19,3	16,9	19,6
	min	27,0	25,1	26,7	20,3	15,6	14,3	14,9	19,7	18,7	20,3	23,8	25,5	21,0	25,9	20,9	16,3	20,9

Tabela 3 - Estatísticas da temperatura mínima do ar (°C). Período 1961-90.

		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO	VER	OUT	INV	PRI
BOM JESUS																		
Normal		14,9	15,3	14,0	11,1	8,4	6,8	6,7	7,5	8,6	10,3	11,8	13,6	10,7	14,6	11,2	7,0	10,2
CV (%)		9,1	6,6	8,1	13,0	23,5	28,8	27,9	20,5	19,4	15,6	10,8	6,6	6,8	4,7	9,3	18,2	10,9
Tercil sup	max	16,7	17,0	16,1	13,8	12,5	11,9	9,4	10,2	12,3	14,3	15,1	15,3	12,0	16,2	13,4	9,4	12,7
	min	15,6	15,6	14,7	12,0	9,6	7,9	8,0	8,4	9,3	11,3	12,5	14,0	11,1	14,8	11,5	7,7	10,7
Tercil méd	max	15,6	15,3	14,6	11,7	9,0	7,8	8,0	7,9	9,2	10,9	12,5	13,9	11,0	14,7	11,4	7,6	10,6
	min	14,5	15,0	13,5	10,6	7,6	5,7	5,8	6,8	8,1	9,6	11,2	13,4	10,3	14,2	10,8	6,7	9,6
Tercil inf	max	14,5	14,9	13,4	10,5	7,5	5,7	5,7	6,4	8,0	9,5	11,2	13,3	10,3	14,2	10,8	6,5	9,6
	min	11,2	13,5	11,6	7,8	5,1	3,5	3,2	5,3	5,1	6,9	9,9	11,2	9,4	13,3	9,1	4,5	8,2
LAGOA VERMELHA																		
Normal		16,4	16,8	15,4	12,3	9,9	7,9	7,9	8,7	10,2	11,8	13,5	15,1	12,2	16,1	12,6	8,2	11,8
CV (%)		7,2	5,8	7,1	14,1	20,3	19,4	20,5	15,9	13,0	10,7	8,2	6,4	5,7	4,2	10,0	12,6	6,9
Tercil sup	max	18,9	18,5	17,5	16,6	16,0	11,9	11,0	11,3	13,4	15,3	16,3	17,8	14,4	17,8	16,7	9,9	13,7
	min	17,1	17,2	16,0	13,1	10,4	8,9	8,9	9,4	10,5	12,5	14,1	15,6	12,3	16,4	13,0	8,7	12,1
Tercil méd	max	17,0	17,2	15,8	12,8	10,4	8,8	8,8	9,1	10,5	12,3	14,1	15,6	12,2	16,3	12,8	8,6	11,8
	min	16,1	16,7	15,2	11,7	9,1	7,1	7,5	8,5	9,9	11,4	13,5	14,8	12,0	15,9	12,1	8,0	11,5
Tercil inf	max	16,1	16,7	15,2	11,7	9,0	6,8	7,4	8,3	9,7	11,0	13,3	14,8	11,9	15,9	11,9	7,9	11,5
	min	14,0	14,5	12,9	8,9	7,2	5,4	4,5	6,2	7,6	9,8	11,4	12,9	10,8	14,9	11,0	5,5	10,8
VACARIA																		
Normal		14,7	15,1	13,8	10,3	7,5	6,1	6,1	7,0	8,6	10,2	11,9	13,4	10,4	14,4	10,6	6,4	10,2
CV (%)		9,7	8,7	10,5	17,2	23,4	28,3	30,6	23,8	17,6	14,4	12,3	9,3	7,8	6,6	10,9	19,3	10,0
Tercil sup	max	17,3	17,6	17,8	13,4	11,0	9,5	10,2	9,7	11,4	13,3	13,9	15,7	11,8	16,5	12,3	8,5	11,9
	min	15,8	15,9	14,6	10,9	8,5	7,4	7,0	8,1	9,4	11,1	12,8	13,9	11,0	14,9	11,3	7,2	10,7
Tercil méd	max	15,8	15,8	14,5	10,9	8,3	7,2	6,9	7,6	9,2	10,4	12,7	13,8	10,9	14,8	11,3	6,9	10,6
	min	13,9	14,7	13,3	10,0	7,4	5,4	5,5	6,3	8,1	9,8	11,6	12,8	10,0	13,9	10,1	5,9	9,8
Tercil inf	max	13,7	14,4	13,2	9,9	6,8	4,8	5,2	6,0	8,1	9,7	11,3	12,8	10,0	13,9	10,1	5,8	9,5
	min	12,1	12,1	10,5	5,5	2,9	3,3	1,8	4,3	5,0	7,5	8,8	10,7	8,8	12,9	7,4	3,8	8,3

Tabela 4 - Estatísticas da precipitação pluviual (mm). Período 1961-90.

		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO	VER	OUT	INV	PRI
BOM JESUS																		
Normal		166,6	160,8	143,1	124,5	118,5	121,9	136,5	164,5	174,3	151,1	121,1	137,8	1720,8	465,3	386,1	423,0	446,5
CV (%)		43,5	54,3	62,3	46,3	91,5	57,2	66,3	48,5	61,9	45,1	55,7	40,7	26,8	28,1	49,6	37,5	41,9
Tercil sup	max	309	410	436	261	607	289	499	342	519	359	360	268	3287	812	1145	880	1124
	min	206	182	185	139	130	154	145	213	196	167	140	150	1823	501	412	496	503
Tercil méd	max	200	181	155	138	120	147	132	205	186	160	135	148	1811	492	384	493	478
	min	127	119	96	103	71	68	96	124	117	118	90	118	1488	399	304	326	393
Tercil inf	max	118	105	93	102	63	67	94	112	114	113	85	116	1485	393	298	319	389
	min	38	45	34	39	34	37	31	24	32	50	30	38	955	268	169	209	162
LAGOA VERMELHA																		
Normal		151,9	156,9	133,7	96,5	111,6	120,0	142,8	188,0	174,0	163,7	124,6	146,2	1709,9	455,0	341,8	450,7	462,4
CV (%)		57,0	40,1	48,9	60,5	61,1	58,4	82,5	50,9	49,8	46,7	53,2	56,0	22,6	27,6	37,4	43,7	32,9
Tercil sup	max	339	252	286	215	228	243	640	431	373	337	292	360	2545	701	605	1064	774
	min	175	209	151	140	155	155	164	244	190	189	155	172	1973	521	415	556	554
Tercil méd	max	163	177	132	136	144	147	160	215	176	185	142	168	1870	520	410	479	540
	min	126	142	100	61	85	70	97	164	143	146	95	111	1513	410	298	365	388
Tercil inf	max	123	129	94	46	81	67	89	157	137	141	94	101	1509	404	278	337	387
	min	24	41	41	28	2	35	32	3	43	50	23	22	1070	217	119	162	196
VACARIA																		
Normal		135	149	118	101	111	125	137	168	165	163	121	143	1635	427	330	429	449
CV (%)		51,3	44,5	47,7	66,4	69,1	61,1	72,8	52,4	53,9	37,2	52,7	45,0	17,3	27,6	33,8	40,4	29,7
Tercil sup	max	286	273	251	276	317	315	533	432	363	320	247	296	2296	631	624	922	631
	min	172	200	138	123	136	152	169	206	199	192	153	162	1758	505	395	535	532
Tercil méd	max	168	183	135	117	135	135	163	203	181	187	146	161	1750	499	363	533	531
	min	86	116	90	56	69	73	86	130	113	131	113	125	1598	375	299	323	422
Tercil inf	max	84	106	88	54	63	73	80	129	103	126	79	112	1525	363	276	317	382
	min	25	27	22	19	3	33	28	19	32	50	21	28	978	118	148	237	177

Tabela 5 - Estatísticas do número de dias com precipitação pluvial (dias). Período 1961-90.

		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO	VER	OUT	INV	PRI
BOM JESUS																		
Normal		16	14	14	11	10	11	11	12	13	13	12	13	149	42	34	35	38
CV (%)		30,4	37,2	29,2	41,8	46,8	32,9	32,5	29,4	26,5	27,9	31,9	34,6	16,3	23,0	25,2	22,0	19,8
Tercil sup	max	25	24	22	26	22	19	22	12	12	12	23	19	177	48	33	44	52
	min	18	16	15	12	12	11	12	17	12	13	14	10	133	42	26	22	43
Tercil méd	max	18	16	15	12	11	20	12	12	10	19	13	4	117	38	29	18	32
	min	14	11	12	8	8	7	10	16	17	14	10	12	135	31	30	33	41
Tercil inf	max	14	11	12	8	7	11	9	6	12	11	10	4	122	30	19	32	42
	min	6	4	7	5	4	14	11	15	7	17	6	11	110	27	28	29	27
LAGOA VERMELHA																		
Normal		13	13	12	9	9	11	11	12	13	12	11	12	137	39	30	33	36
CV (%)		37,6	34,9	32,2	45,4	51,9	34,8	31,2	34,8	29,1	31,0	37,2	38,5	20,3	22,5	33,6	25,0	26,4
Tercil sup	max	21	23	20	18	20	19	19	20	21	18	20	19	181	55	46	49	50
	min	17	15	13	11	10	13	12	13	14	14	15	14	158	43	34	39	41
Tercil méd	max	16	15	13	10	10	13	12	13	14	14	14	13	150	42	32	39	40
	min	12	12	11	7	7	9	9	10	11	9	10	11	130	36	26	28	28
Tercil inf	max	10	10	10	6	6	9	9	9	11	9	9	10	124	36	26	28	28
	min	3	4	6	4	1	4	5	3	6	7	3	1	87	22	14	18	20
VACARIA																		
Normal		13	12	11	9	9	11	10	12	12	12	11	12	134	37	30	33	35
CV (%)		35,5	35,0	36,0	34,6	57,7	36,1	38,4	32,6	25,9	28,5	38,3	37,7	18,6	24,2	30,3	25,5	22,1
Tercil sup	max	22	20	23	17	21	19	19	20	19	18	23	19	178	53	50	47	49
	min	16	15	13	12	11	13	12	14	13	14	13	13	152	41	33	37	38
Tercil méd	max	15	15	12	10	11	13	12	12	12	14	13	13	152	40	32	37	38
	min	13	11	10	8	8	9	9	10	11	11	10	11	128	36	25	30	32
Tercil inf	max	13	10	10	7	8	8	9	10	10	10	10	11	125	34	25	30	31
	min	3	4	2	4	1	3	4	4	7	6	4	1	85	16	16	16	19

Tabela 6 - Coeficientes de regressão linear ajustados para fins de verificação da tendência temporal, considerando o período de 1931 a 1990.

Elemento	ANO	VERÃO	OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA
TEMPERATURA MÁXIMA					
Bom Jesus	-0,036*	-0,044*	-0,031*	-0,045*	-0,028
Lagoa Vermelha	-0,022*	0,021*	-0,025*	-0,027*	-0,018*
Vacaria	-0,035*	-0,042*	-0,033*	-0,030*	-0,036*
TEMPERATURA MÍNIMA					
Bom Jesus	0,008*	0,017*	0,009*	0,002*	0,004*
Lagoa Vermelha	0,027*	0,025*	0,029*	0,029	0,024*
Vacaria	0,012*	0,021*	0,009*	0,007	0,014*
TEMPERATURA MÉDIA					
Bom Jesus	-0,007	-0,005	-0,008	-0,010	-0,005
Lagoa Vermelha	0,002	0,001	0,001	0,001	0,004
Vacaria	-0,010*	-0,007	-0,012	-0,012	-0,011
PRECIPITAÇÃO PLUVIAL					
Bom Jesus	4,268	0,637	0,658	2,755	0,217
Lagoa Vermelha	0,974	1,019	-1,033	0,873	0,115
Vacaria	4,586	2,258*	1,245	0,622	0,452
NÚMERO DE DIAS COM PRECIPITAÇÃO PLUVIAL					
Bom Jesus	1,038*	0,368*	0,236*	0,235*	0,199*
Lagoa Vermelha	1,182*	0,359*	0,256*	0,267*	0,298*
Vacaria	1,152*	0,345*	0,244*	0,254*	0,309*

* Tendência temporal significativa a 95% de probabilidade

a altitude deveria ser considerada no traçado, caso contrário os erros poderiam ser grosseiros. As Figuras 2 e 3 demonstram, para todos os períodos considerados, a existência de um gradiente numa direção aproximada de oeste-leste. Na parte leste a região dos Campos de Cima da Serra é mais úmida (maiores quantidades e número de dias com precipitação pluvial), além de ser mais fria (menores temperatura média, máxima e mínima e menor), em relação ao oeste.

CONCLUSÕES

As temperaturas do ar, máxima, média e mínima, mostram acentuada amplitude térmica anual na região dos Campos de Cima da Serra, menor temperatura do ar no inverno e maior no verão.

A Região apresenta tendência de variação temporal em alguns dos elementos climatológicos. A temperatura mínima do ar e o número de dias com precipitação pluvial mostram tendência de aumento,

enquanto que há tendência de diminuição da temperatura máxima do ar. A temperatura média do ar e a precipitação pluvial não evidenciam tendência significativa de variação.

A distribuição espacial dos elementos estudados mostra um gradiente oeste-leste. A parte leste da Região é mais úmida, com maiores precipitação pluvial e número de dias com precipitação pluvial, em comparação à parte oeste.

A Região apresenta condições típicas de clima temperado úmido (Cfb, segundo classificação de Köppen), sendo a quantidade e número de dias com precipitação pluvial, na média, bem distribuído ao longo do ano.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO), ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e à Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S. A. (EPAGRI), pelo fornecimento de dados meteorológicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, L.C. Memória sobre o Clima do Rio Grande do Sul. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura Indústria e Comércio, Rio de Janeiro, 1930. 100p.

ÁVILA, A.M.H. et al. Probabilidade de Ocorrência de Precipitação Mensal Igual ou Maior que a Evapotranspiração para a Estação de Crescimento das Culturas de Primavera-Verão no Estado Rio Grande do Sul. Pesquisa Agropecuária Gaúcha, Porto Alegre, v.2, n.2, p. 149-154, 1996.

AVILA, A.M.H. Regime de Precipitação Pluvial no Estado do Rio Grande do Sul com Base em Séries de Longo Prazo. 1994. 74p. Dissertação (Mestrado Fitotecnia) – Programa de Pós- Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C.; BONO, L. Tendência Temporal da Precipitação Pluvial Anual no Estado do Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 3, p.1-3, 1995.

DINIZ, G.; BERLATO, M. A.; CLARKE, R.; FONTANA, D. C.

Identificação de Regiões Homogêneas de Temperaturas Máxima e Mínima do Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Agrometeorologia. Santa Maria: , v.11, n.2, p.303 - 312, 2003.

EMBRAPA. Macrozoneamento Agroecológico e Econômico do Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1994. vol.II.

FONTANA, D.C.; ALMEIDA, T. S. Climatologia do Número de Dias com Precipitação Pluvial no Estado do Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.10, n.2, p.341 - 349, 2002.

HAYLOCK, M. et al. Trends in Total and Extreme South American Rainfall, 1960-2000 and Links with Sea Surface Temperature. Journal of Climate, Boston, v.19, n. 8, p. 1490-1512, 2006.

IPAGRO. Atlas Agroclimático do Estado do Rio Grande do Sul. Departamento de Pesquisa. Porto Alegre, 1989. vol.1.

JACQUES, A.V.A. Estudo da Vegetação Campestre e Alternativas Sustentáveis para Práticas das Queimadas de Pastagens na Região dos Campos de Cima da Serra. Porto Alegre. Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia/ UFRGS, 2000.

KÖPPEN, W. Climatologia: um Estúdio de los Climats de la PESQ. AGROP. GAÚCHA, PORTO ALEGRE, v.15, n.2, p.145-157, 2009.

- Tierra. México, fonde de Cultura Econômica. 1948. 478p.
- MACHADO, F.P. Contribuição ao Estudo do Clima do Rio Grande do Sul. Rio de Janeiro: IBGE, 1950. p 91.
- MORENO, J.A. Clima do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 42p.
- PUCHALSKI, L.A. Efeitos Associados ao Fenômeno El Niño e La Niña na Temperatura Média, Precipitação Pluvial e Déficit Hídrico no Estado do Rio Grande do Sul. 2000, 100p. Dissertação (Mestrado Fitotecnia) – Programa de Pós- Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.
- VINCENT, L. A. et al. Obseved Trends in Indices of Daily Temperature Extremes in South America 1960-2000. Journal of Climate, Boston, v. 18, p. 5011-5023, 2005.

Secagem de sementes de milho com ar natural forçado¹

Luiz Eichelberger², José Antonio Portella³, Luiz Carlos Gutkoski⁴, João Anaracy Santin⁵

Resumo - O objetivo do trabalho foi estudar o emprego de ar ambiente forçado na secagem de sementes de milho. Foram utilizados silos com 4.200 kg de sementes com graus de umidade de 17,8%, 18,9% e 20,5%. Amostras foram coletadas periodicamente em seis camadas internas de cada silo e analisadas quanto à umidade e à qualidade fisiológica. As sementes resultaram em graus de umidade de 13,0%, 12,5% e 12,8%, respectivamente. No silo com sementes mais úmidas, a média da germinação manteve-se em torno de 85% até 336 horas de secagem e após diminuiu para 81%. O vigor baixou de 72% para 59% com o aumento do tempo de secagem, não sendo afetado pela altura de camada. Com 18,9%, a germinação e o vigor não foram afetados pelo tempo de secagem. Isto permite concluir que ar ambiente forçado com fluxo de 4,0 m³/min/t pode ser utilizado na região de Passo Fundo, RS para secagem de sementes de milho com grau de umidade de até 19%.

Palavras chave - Ar ambiente; Zea mays; silo alambrado; germinação; vigor.

Corn seeds drying with natural forced air

Abstract - The objective of this experiment was to study the utilization of ambient forced air on corn seed drying. Silos with 4,200 kg of seeds with moisture content of 17.8%, 18.9% and 20.5% were used. Samples were collected periodically at six internal layers of each silo and analyzed as for moisture content and physiological quality. Drying reduced moisture contents of the seeds to 13.0%, 12.5% and 12.8%, respectively. In the silo with the moistest seeds, average seed germination stayed around 85% up to 336 hours of drying and after it decreased to 81%. Vigour lowered from 72% to 59% during the drying period, not being affected by layer height. With 18.9%, germination and vigour were not affected by the drying time. It can be concluded that ambient forced air with air flow of 4.0 m³/min/ton can be used the Passo Fundo, RS region to dry corn seeds with moisture content up to 19%.

Key words - Ambient air; Zea mays; wired silo; germination; vigour.

INTRODUÇÃO

A colheita antecipada de sementes tem sido recomendada e adotada pelos produtores de sementes, pois proporciona a redução de perdas na colheita, evita condições ambientes adversas na fase final e resulta em maior qualidade e menos danos mecânicos na colheita. Segundo Moraes (2000), a perda de qualidade das sementes após a maturidade fisiológica depende da espécie, do cultivar, das condições de campo antes da colheita e das operações de pós-colheita. Assim, a secagem das sementes é um processo crítico dentro do manejo pós-colheita (VILLELA e SILVA, 1992; PESKE e BARROS, 1997; BAUDET et al., 1999) e, juntamente com as condições de armazenamento, é determinante da qualidade das sementes para semeadura (ROBERTS, 1986). Para adequada conservação das sementes durante

o armazenamento, a secagem até níveis entre 12% e 13% de umidade é condição fundamental (SILVA FILHO, 1999).

A tecnologia de aeração consiste em forçar fluxo de ar através de uma camada de sementes com o objetivo de modificar o microclima da massa de sementes armazenadas, tornando-o desfavorável ao desenvolvimento de organismos nocivos ou prejudiciais e, ao mesmo tempo, criar condições favoráveis à conservação prolongada das mesmas (FARONI e DEVILLA, 2001). O objetivo básico da aeração é baixar a temperatura das sementes. O resfriamento até 8 °C em regiões temperadas ou 12 a 15 °C em regiões subtropicais é suficiente para deter a proliferação de insetos e limitar a contaminação por fungos (LASSERAN, 1993).

Segundo Roa e Villa (1977), a secagem de sementes utilizando-se ar natural forçado é um processo simples e pode ser realizada em silos completamente

¹ Trabalho financiado pelo CNPq, executado em parceria entre Embrapa Trigo e Universidade de Passo Fundo em colaboração do Grupo Fockink. Engenheiro Agrônomo, Doutor, Pesquisador da Embrapa Trigo, Rodovia BR 285, km 294, Caixa Postal 451, 99001-970, Passo Fundo, RS - luizei@cnpt.embrapa.br.

² Engenheiro Mecânico, Doutor, Pesquisador da Embrapa Trigo, Rodovia BR 285, km 294, Caixa Postal 451, 99001-970, Passo Fundo, RS - portella@cnpt.embrapa.br.

³ Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor da Universidade de Passo Fundo, Rodovia BR 285, km 171, Bairro São José, Caixa Postal 611, 99001-970, Passo Fundo, RS - gutkoski@upf.tche.br.

⁴ Químico Industrial, Doutor, Professor da Universidade de Passo Fundo, Rodovia BR 285, km 171, Bairro São José, Caixa Postal 611, 99001-970, Passo Fundo, RS - santin@upf.tche.br.

cheios, obtendo-se alta eficiência térmica. Além disso, evita o manuseio das sementes, reduzindo o risco de danos mecânicos. Em trabalho com grãos de milho, Eichelberger et al. (2006), concluíram que a secagem com ar ambiente forçado é capaz de reduzir a umidade de grãos de milho para 13% no outono em Passo Fundo, sendo técnica e economicamente viável

Quando ar ambiente forçado é utilizado para retirada de água de sementes, o processo é dependente das propriedades psicrométricas do ar e é utilizado em regiões com umidade relativa do ar mais baixa. Ao utilizar ar ambiente forçado para secagem de milho de 18% para 13,8% de umidade, Rodriguez (1994) concluiu que as sementes não sofreram redução de poder germinativo durante a secagem, e que o sistema é altamente eficiente energeticamente. No entanto, o custo operacional foi elevado. Em trabalho realizado em Pelotas/RS, Garcia et al. (2001) verificaram que sementes de trigo com 18% de umidade podem ser secadas até 13% em secador estacionário de fundo falso utilizando ar natural forçado sem causar efeitos imediatos prejudiciais à qualidade fisiológica.

Evidencia-se, assim, a necessidade de pesquisas locais para avaliar a qualidade final das sementes, justamente por ser o sistema altamente dependente das características psicrométricas do ar.

O objetivo do presente trabalho foi estudar o emprego de ar ambiente forçado na secagem de sementes de milho em equipamentos nos quais as mesmas permanecem armazenadas até o beneficiamento.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Centro de Pesquisas Agropecuárias (CEPAGRO) da Universidade de Passo Fundo (UPF), onde foram implantadas três lavouras de milho (*Zea mays*, L) do híbrido P30R32, com intervalo de semeadura de 20 dias, a partir de 10 de outubro de 2005 e conduzidas de acordo com tecnologia recomendada para a cultura. As sementes das três lavouras foram colhidas com colhedora no mesmo dia (13 de março de 2006).

Foram utilizados três silos do tipo alambrado com fundo falso perfurado, com diâmetro de 1,5 m e altura de

3,2 m, construídos sobre plenum de concreto, cada um equipado com ventilador com motor de 1,5 HP, gerando fluxo de ar de 4,0 m³/min/t com o silo cheio. Em cada silo foram acondicionados 4.200 kg de sementes oriundas das lavouras de cada época de semeadura, sem pré-limpeza e com grau de umidade de 20,5% (silo A), 18,9% (silo B) e 17,8% (silo C). O experimento foi organizado em delineamento inteiramente casualizado com três fatores: umidade de colheita, altura de camada e tempo de secagem.

Os ventiladores foram ligados ininterruptamente até 14 dias e após, somente durante o dia, quando não havia ocorrência de chuvas. A secagem foi encerrada quando o grau de umidade de 14% da frente de secagem atingiu a camada superior da massa de sementes.

Amostras foram coletadas em 0, 4, 8, 14 e 22 dias (silo C), 25 dias (silo B) e 30 dias (silo A), em seis camadas horizontais internas de cada silo (10 cm, 60 cm, 110 cm, 160 cm, 210 cm e 260 cm de altura de camada, a partir do fundo do silo). Como repetição dos tratamentos, cada altura de camada foi amostrada três vezes ao longo na circunferência do silo, através de aberturas, com amostrador com alcance até o centro do silo. As amostras úmidas foram secas em secador estacionário de leito fixo, à temperatura de 38°C, até 13% de grau de umidade. As análises foram realizadas conforme metodologia descrita nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992). O grau de umidade foi determinado pelo método da estufa a 105±3°C por 24 horas. O teste de germinação, bem como a avaliação de sementes mortas e de plântulas anormais, foi efetuado em germinador a 25°C em rolos de papel germitest, umedecidos com volume de água 2,5 vezes o seu peso. As contagens foram efetuadas aos quatro e oito dias. Para avaliar o vigor foi utilizado o teste de envelhecimento acelerado (EA) em que as sementes foram envelhecidas em câmara tipo BOD, à temperatura de 43°C por 72 horas, em caixas de plástico do tipo gerbox, sobre tela de plástico com 40 mL de água no fundo. Após o envelhecimento, as sementes foram submetidas ao teste de germinação efetuado em germinador a 25°C em rolos de papel germitest, umedecidos com volume de água 2,5 vezes o seu peso. As contagens foram efetuadas aos quatro e oito dias. Também foi monitorada a umidade relativa

do ar, a temperatura e a precipitação pluvial durante o período de secagem através da Estação Meteorológica da Embrapa Trigo. O tempo de operação dos ventiladores foi medido por horímetro.

Foi feita análise de variância para estudo dos efeitos das interações tempo de secagem x altura de camada, tempo de secagem x umidade de colheita e altura de camada x umidade de colheita.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados meteorológicos de precipitação pluvial, de temperatura média e de umidade relativa média do ar (UR) média encontram-se na Figura 1. Observou-se que nos primeiros cinco dias não houve precipitação pluvial e a UR manteve-se abaixo de 60%. Seguiram-se 12 dias com precipitações pluviais intermitentes, período em que a UR se manteve, em média, ligeiramente acima de 80%. Quatorze dias sem precipitação pluvial ou de baixa intensidade completaram o período de secagem. A temperatura média se manteve mais elevada nos primeiros 12 dias, em torno de 23°C, baixando para aproximadamente 19°C até o final do período de secagem, comportamento normal para o outono no Sul do Brasil. Isso fez com que a UR se mantivesse mais elevada nesse período em relação ao início do período de secagem.

A Figura 2 mostra o comportamento da umidade das sementes de milho, por camada de 50 cm, durante o período de secagem. Nas datas das amostragens, os ventiladores haviam funcionado por zero, 94, 186, 323 e 420 (silo com 17,8%); 439 (silo com 18,9%) e 488 (silo com

20,5%) horas. Até 27 de março os ventiladores operaram, em tempo integral, por 323 horas (aproximadamente 14 dias). Após essa data, quando a umidade média das sementes nos três silos havia baixado de 15%, os ventiladores foram ligados somente durante o dia nos períodos sem precipitação pluvial ou nebulosidade.

Os efeitos das interações de tempo de secagem e altura de camada, de tempo de secagem e umidade de colheita e de altura de camada e umidade de colheita sobre o grau de umidade das sementes foram significativos. Independentemente da umidade de colheita e da camada interna dos silos, observou-se decréscimo da umidade das sementes durante o período de secagem. No entanto, este decréscimo foi mais lento quanto mais elevada a localização da camada de sementes. Observou-se que, com quatro dias de aeração (94 horas), nos três silos, a camada inferior (até 60 cm) havia baixado o grau de umidade para menos de 14%, decrescendo ainda cerca de dois pontos percentuais até o final do período de secagem. Nas camadas superiores, observou-se decréscimo inicial mais lento da umidade, acelerando no final do período de secagem, quando a frente de secagem atingiu a superfície da massa de sementes.

Apesar da diminuição da umidade ter sido linear, entre as datas de 17 e 21 de março, ou seja, entre a segunda e a terceira coleta, nos três silos, as camadas mais secas apresentaram acréscimos de umidade devido à ocorrência de precipitações pluviais e conseqüente elevação da UR (Figura 1), evidenciado a dependência deste sistema de secagem desta condição climática. Observando-se o

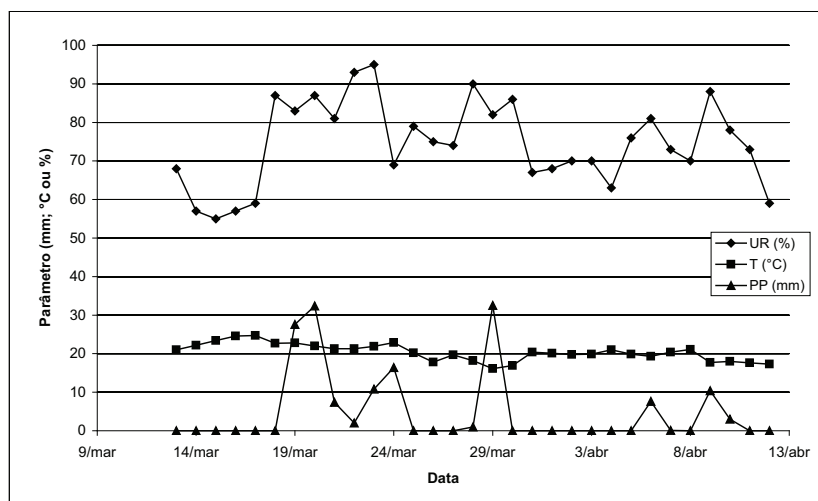


Figura 1 - Precipitação pluvial (PP), temperatura média (T) e umidade relativa média do ar (UR) medidas durante o processo de secagem de sementes de milho usando ar natural forçado.

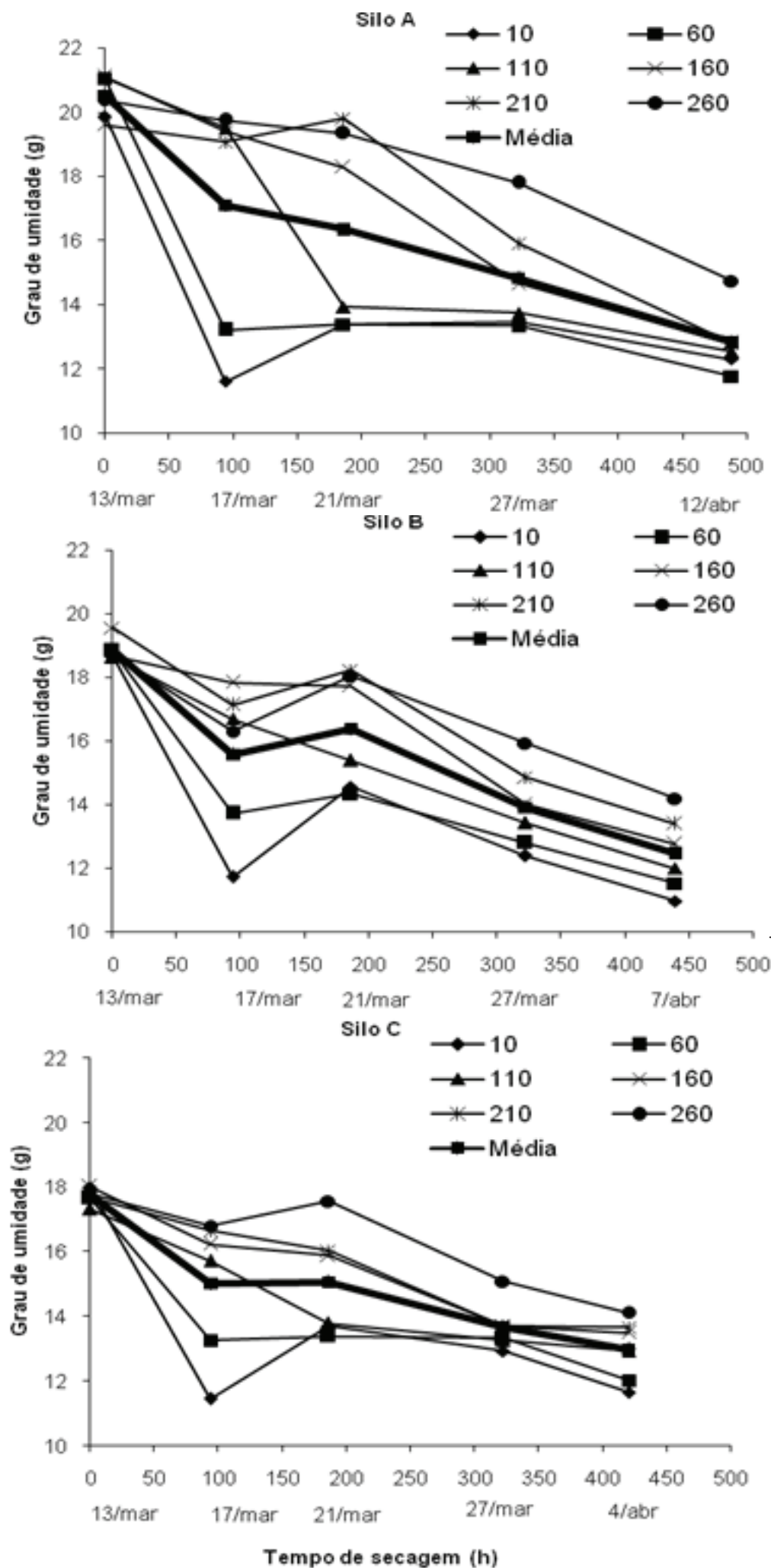


Figura 2 - Grau de umidade média e de seis alturas de camada (10 cm, 60 cm, 110 cm, 160 cm, 210 cm e 260 cm) de três silos (A, B e C) contendo sementes de milho colhidas com três níveis de umidade (20,5%, 18,9% e 17,8%, respectivamente) submetidas a secagem usando ar natural forçado.

comportamento das camadas de baixo para cima nos três silos durante esse período, a camada que mais aumentou o grau de umidade foi a de 10 cm do fundo por estar exposta ao primeiro ar úmido e ocorreu devido à troca de umidade entre este ar úmido e as sementes secas. A segunda camada (60 cm) praticamente não absorveu água. Essas duas camadas já estavam abaixo de 14 % de umidade. O ar já mais seco, devido à absorção de água pelas camadas mais secas, proporcionou que a terceira camada (110 cm) secasse, mesmo durante o período de UR elevada. Isto ocorreu nos três silos. Com a reabsorção de água pelo ar, as três camadas superiores tenderam a umedecer nos silos com sementes mais secas (silos B e C) e a secar no silo com sementes mais úmidas (silo A). Ao final do período de secagem, o gradiente de umidade entre a camada inferior e a superior foi semelhante nos três silos, em média de 2,6 pontos percentuais. Esse gradiente condiz com o encontrado por Garcia et al. (2001) para trigo e por Paula (1992) para soja, nos valores entre 2,4 e 5,0 pontos percentuais de diferença entre a camada superior e inferior da massa de sementes. No entanto esses autores utilizaram fluxos de ar inferiores ao utilizado neste trabalho.

Os silos A (20,5% de umidade inicial), B (18,9%) e C (17,8%) resultaram em grau de umidade médio de 12,8%, 12,5% e 13,0% ao final de 488 horas, 439 horas e 420 horas de secagem, respectivamente. Secando sementes de trigo em Pelotas-RS no mês de novembro de 17,8% para 13% de umidade, com altura de camada de 5,25 m, Garcia et al. (2001) demoraram 300 horas e concluíram que o processo é tecnicamente viável, pois não houve alteração na qualidade fisiológica das sementes. A maior demora de secagem no presente trabalho pode ser explicada pela ocorrência de chuvas durante esse período, pelo maior tamanho da semente de milho em relação ao trigo e, provavelmente, pelas condições ambientais diferentes entre os locais e épocas do ano.

Quanto à germinação e às sementes mortas, as interações de tempo de secagem e altura de camada, de tempo de secagem e umidade de colheita e de altura de camada e umidade de colheita foram significativas, enquanto que para plântulas anormais, apenas a interação tempo de secagem e umidade de colheita foi

PESQ. AGROP. GAÚCHA, PORTO ALEGRE, V.15, N.2, P.159-169, 2009.

significativa. As sementes utilizadas nesse trabalho foram colhidas sob condições de severo dano mecânico, uma vez que 12,1% das sementes apresentaram dano mecânico visível. Esse elevado dano mecânico associado à elevada umidade de colheita evidencia que provavelmente houve danos por amassamento. Possivelmente por isso, a germinação média inicial dos dois silos com sementes mais secas ficou em 85% (Figura 3) e a do silo A, com sementes mais úmidas, ficou em 83%. Com umidade mais elevada, o efeito do dano mecânico por amassamento é maior (AGUIRRE e PESKE, 1992). Apesar de estarem acima do padrão mínimo, as germinações iniciais obtidas no presente trabalho foram relativamente baixas para sementes de milho, considerando que no comércio, em geral, a germinação supera 95%.

Observados os dados de germinação nos três silos, constata-se que houve elevação da germinação nos primeiros dias de secagem, possivelmente causada pela reparação de pequenos e imperceptíveis danos causados pelo amassamento, cujo efeito é latente, expressando-se algum tempo depois (AGUIRRE e PESKE, 1992). Esta reparação é possivelmente causada pela secagem lenta em que a respiração das sementes se prolonga e a síntese de substâncias pode recompor esses danos (BEWLEY e BLACK, 2004). Nos silos com sementes mais secas (B e C), chegou a 90%, enquanto que no silo com sementes mais úmidas (A) isso ocorreu apenas nas camadas mais baixas (10 e 60 cm). O decréscimo da germinação no final do período de secagem possivelmente deveu-se ao efeito latente do dano mecânico associado à demora de secagem. Esse decréscimo foi mais acentuado nas camadas mais altas, principalmente no silo com sementes mais úmidas. Essa reparação está manifestada pela diminuição de plântulas anormais observada no teste de germinação no início do período de secagem, o que ocorreu nos três silos (Figura 4). No final do período de secagem, possivelmente devido ao efeito latente do dano mecânico associado à demora na secagem, ocorreu aumento das anormalidades nas plântulas.

A morte de sementes (Figura 5) ocorreu pelo efeito da demora de secagem no silo A, com sementes mais úmidas, que foi tanto maior quanto mais elevada foi a localização das camadas deste silo. Nos demais silos,

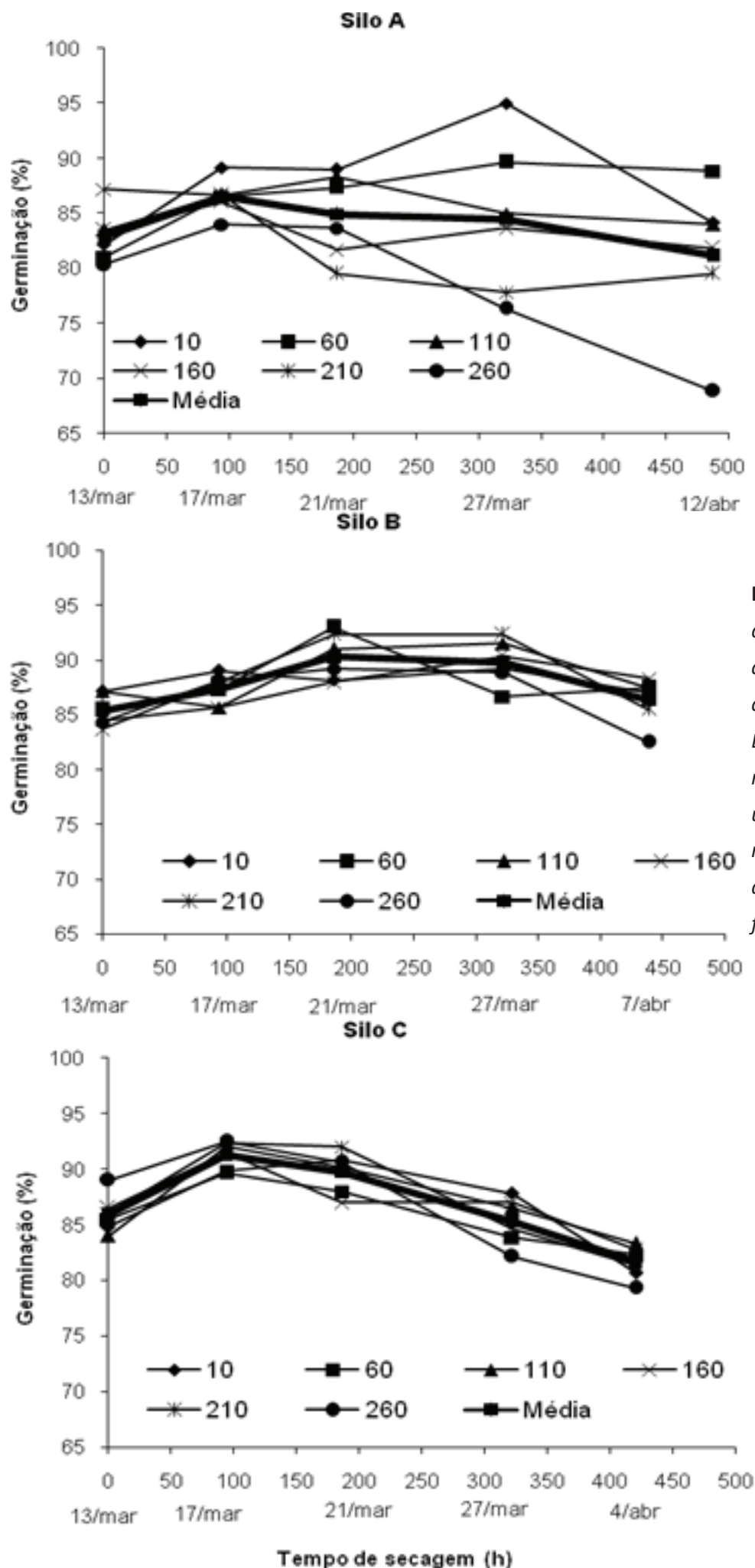


Figura 3 – Germinação média e de seis alturas de camada (10 cm, 60 cm, 110 cm, 160 cm, 210 cm e 260 cm) de três silos (A, B e C) contendo sementes de milho colhidas com três níveis de umidade (20,5%, 18,9% e 17,8%, respectivamente) submetidas a secagem usando ar natural forçado.

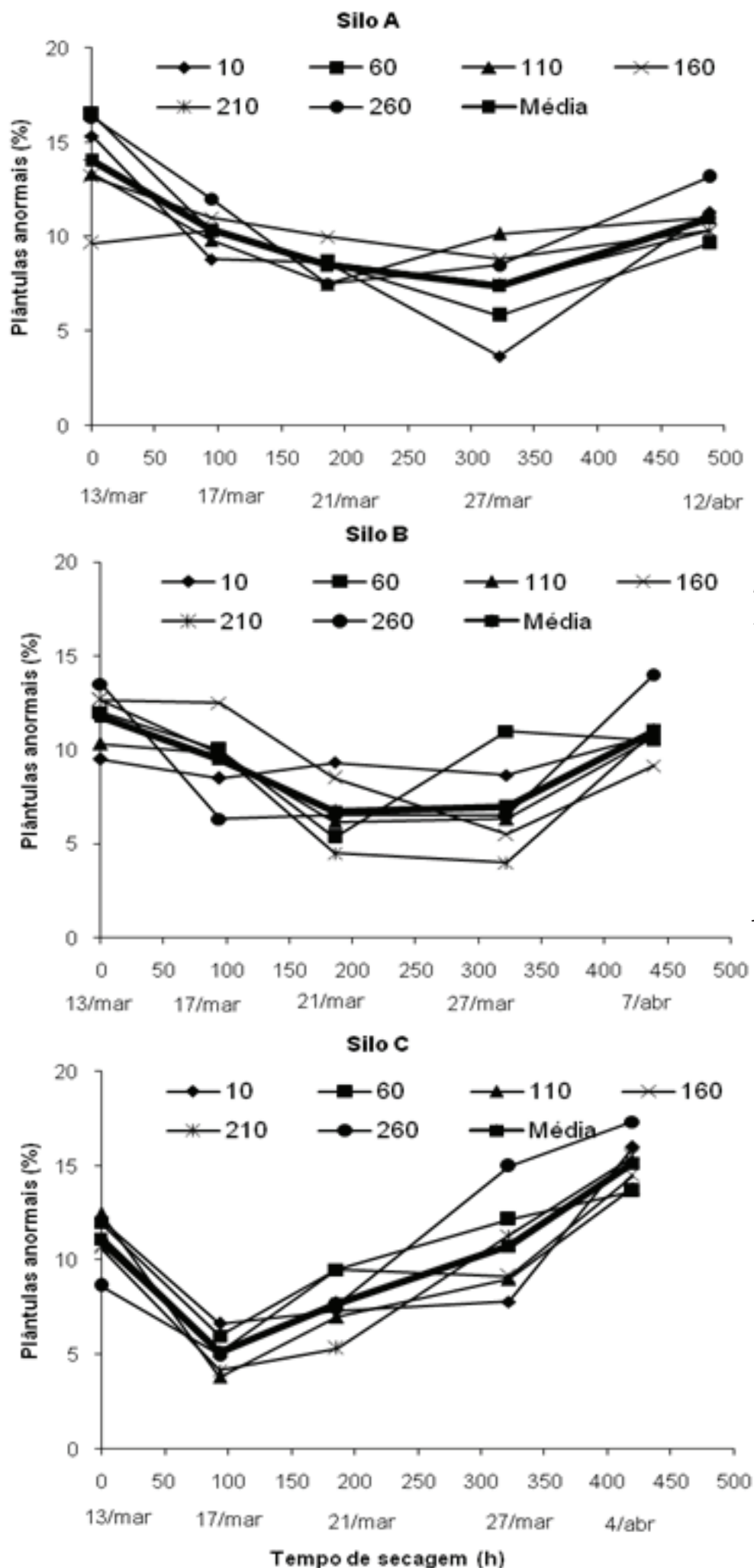


Figura 4 - Porcentagem de plântulas anormais média e de seis alturas de camada (10 cm, 60 cm, 110 cm, 160 cm, 210 cm e 260 cm) de três silos (A, B e C) contendo sementes de milho colhidas com três níveis de umidade (20,5%, 18,9% e 17,8%, respectivamente) submetidas a secagem usando ar natural forçado.

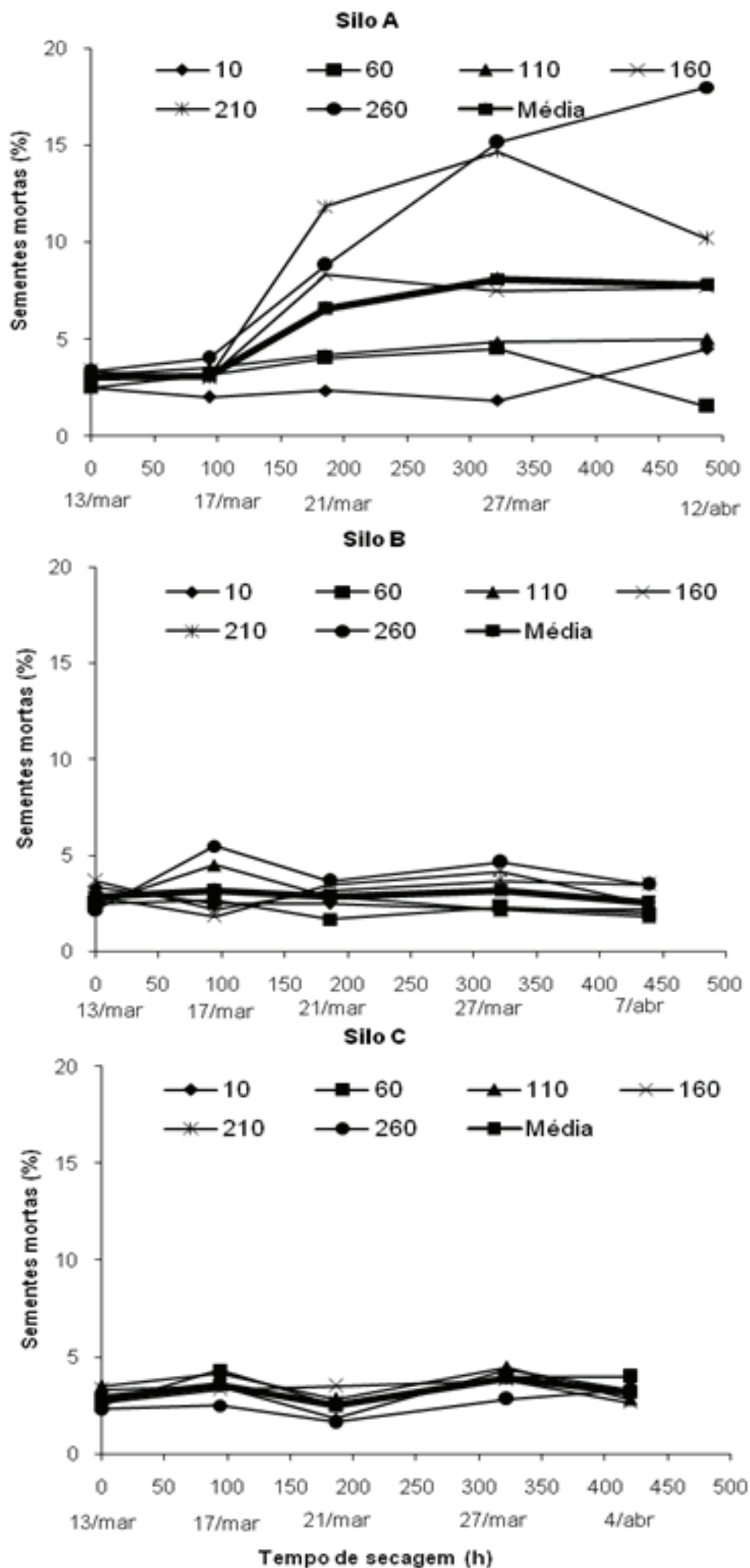


Figura 5 - Porcentagem de sementes mortas média e de seis alturas de camada (10 cm, 60 cm, 110 cm, 160 cm, 210 cm e 260 cm) de três silos (A, B e C) contendo sementes de milho colhidas com três níveis de umidade (20,5%, 18,9% e 17,8%, respectivamente) submetidas a secagem usando ar natural forçado.

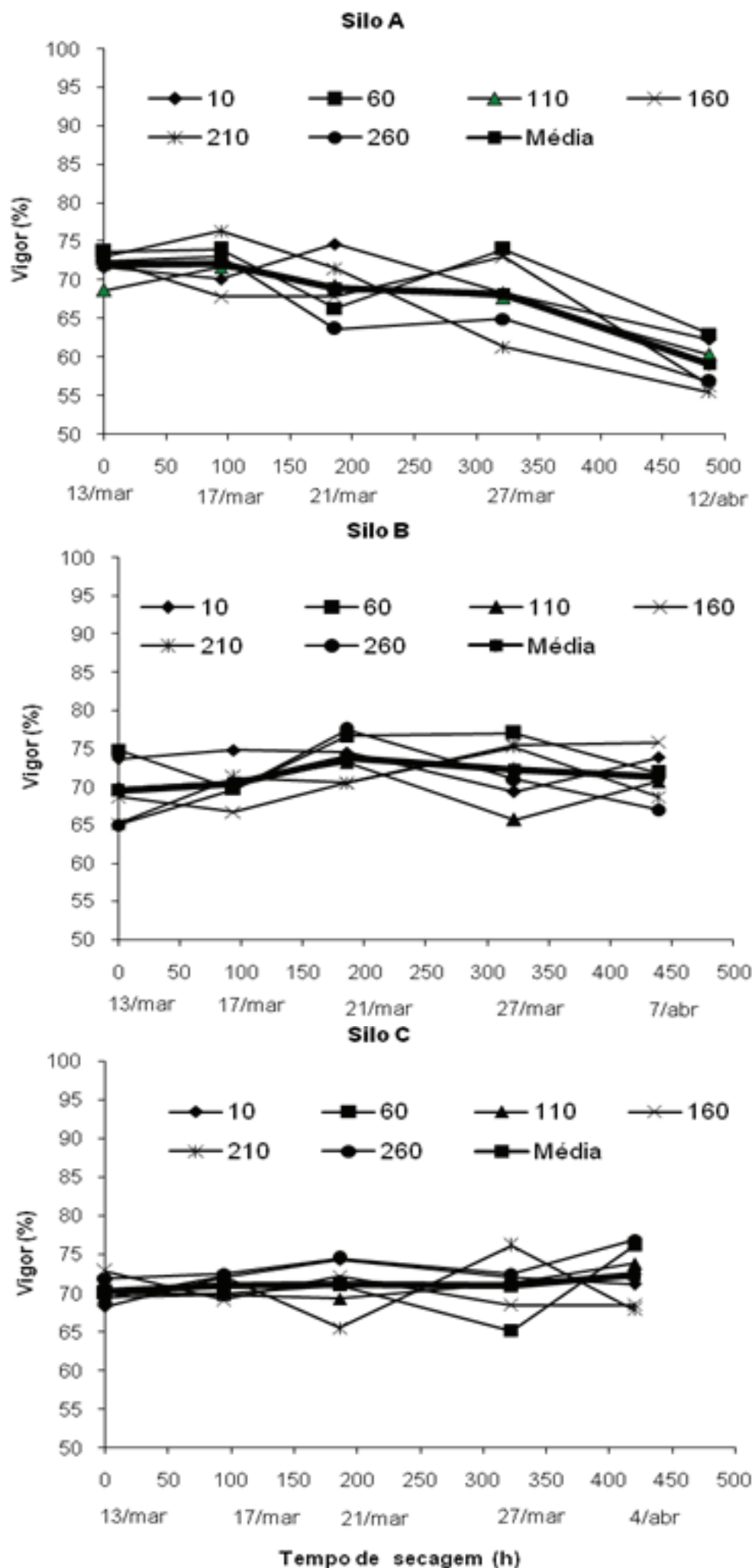


Figura 6 - Vigor médio e de seis alturas de camada (10 cm, 60 cm, 110 cm, 160 cm, 210 cm e 260 cm) de três silos (A, B e C) contendo sementes de milho colhidas com três níveis de umidade (20,5%, 18,9% e 17,8%, respectivamente) submetidas a secagem usando ar natural forçado.

com sementes mais secas, a percentagem de sementes mortas se manteve constante durante o período de secagem, com média de 3%. O mesmo ocorreu no silo A, com umidade inicial de 20,5%, até 94 horas de secagem e nas duas camadas inferiores durante todo o período de secagem. Isso demonstra que a morte dessas sementes ocorreu ainda no campo ou durante o processo de colheita, neste último caso decorrente dos danos mecânicos. Nas demais camadas do silo A, a partir de 94 horas de secagem, o número de sementes mortas aumentou com o tempo de secagem e foi tanto maior quanto mais alta a camada dentro do silo. A camada mais elevada teve 18% de sementes mortas ao final do período de secagem. Garcia et al. (2005) com sementes de trigo e Rangel et al. (1997) com sementes de arroz constataram que sementes secadas com ar natural para 13% não apresentaram efeitos prejudiciais imediatos à germinação.

No silo A, a germinação das camadas superiores foi prejudicada pelo retardamento da secagem, sendo tanto mais baixa quanto mais elevada foi a camada dentro do silo ao final do período de secagem (Figura 3). A média de germinação deste silo foi de 81% no final do período de secagem, no entanto apresentou 84% de germinação na camada mais baixa e somente 69% na camada mais elevada do silo no final do período de secagem. Quando se observa a germinação média, esta se manteve em torno de 85% até 336 horas de secagem e após diminuiu para 81%. A Figura 6 mostra que apenas a interação tempo de secagem e umidade de colheita foi significativa com perda de vigor das sementes. No silo A, com sementes mais úmidas, em função do tempo de secagem, em todas as camadas o vigor baixou, em média, de 72% para 58%. Tanto pelo comportamento da média da germinação e

do vigor, como pela germinação e vigor dentro de cada camada, observou-se que houve efeito deletério desse sistema de secagem sobre a qualidade fisiológica da semente neste silo, o que pode ser atribuído à elevada umidade de colheita das sementes nele colocadas, associada às condições de elevada UR que retardou a secagem.

No silo B, com grau de umidade de 18,9%, a média da germinação foi de 86% no final do período de secagem (Figura 3), enquanto que no silo C, com 17,8% de umidade, esta germinação foi de 82%, acima de 80%, mínimo permitido pela legislação para comercialização. Conforme se observa na Figura 6, o tempo de secagem e a altura de camada não afetaram ao vigor nesses dois silos, sendo a média de ambos de 71%. Empregando a mesma metodologia do presente trabalho, Eichelberger et al. (2006) estudaram aspectos econômicos e concluíram que o sistema é técnica e economicamente viável, primeiro, porque foi capaz de reduzir a umidade até 13% e, segundo, porque o custo de consumo de energia ficou entre R\$ 1,42 e R\$ 1,31 por saco de 60 kg, considerando o preço unitário de então da energia elétrica de R\$ 0,226090 por KWh.

CONCLUSÕES

Ar ambiente forçado com fluxo de 4,0 m³/min/t foi capaz de reduzir a umidade de sementes de milho para 13%, sendo tecnicamente viável.

Ar ambiente forçado, quando utilizado para secagem de sementes de milho com grau de umidade de até 19%, não causou danos à qualidade fisiológica das sementes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIRRE, R. PESKE, S.T. Manual para el Beneficio de Semillas. 2 ed. Cali: CIAT, 1992. 248p.
- BAUDET, L.M.L.; VILLELA, F.A.; CAVARIANI, C. Princípios de Secagem. Seed News, Pelotas, n.10, p.20-27, 1999.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. Seeds: Physiology of Development and Germination. New York: Plenum Press, 1994. 445 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Regras para Análise de Sementes. Brasília: MAPA, 1992. 365 p.
- EICHELBERGER, L.; PORTELLA, J.A.; GUTKOSKI, L.C.; SANTIN, J.A. Secagem de Grãos de Milho com Ar Natural Forçado: Resultados Preliminares. 2006. REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE MILHO, 51., REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE SORGO, 34, PESQ. AGROP. GAÚCHA, PORTO ALEGRE, V.15, N.2, P.159-169, 2009.

- Passo Fundo, 2006. Anais... Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006, CD-ROM.
- FARONI, L.R.D. & DEVILLA, I.A. Tecnologia de Aeração e Resfriamento de Grãos. In: CONFERÊNCIA NACIONAL DE PÓS COLHEITA SAG-MERCOSUL, 2, Londrina, 2001. Resumos e palestras. Londrina: FAPEAGRO, 2001. p. 298-327.
- GARCIA, D.C.; BARROS, A.C.S.; PESKE, S.T.; MENEZES, N.L. Secagem Estacionária de Sementes de Trigo com Ar Ambiente Forçado. Revista Brasileira de Sementes, Brasília, v.23, n.2, p.275-280, 2001.
- GARCIA, D.C.; BARROS, A.C.S.; PESKE, S.T.; MENEZES, N.L. Qualidade Fisiológica de Sementes de Trigo Submetidas à Secagem Estacionária com Ar Ambiente Forçado. Revista Brasileira de Sementes, Brasília, v.27, n.1, p.158-166, 2005.
- LASSERAN, J.C. Mejoramiento del Manejo de la Ventilación y del Sistema de Conduitos para Controlar la Calidad de los Granos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE GRÃOS, 1993, Canela. Anais... Canela: CESA / FAO, 1994. p.197-213.
- MORAES, M.L.B. Comportamento da Pressão Estática e da Frente de Secagem em uma Coluna de Sementes de Arroz. 2000. 50f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) – Universidade Federal de Pelotas.
- PAULA, P.R.T. Secagem de Sementes de Soja em Baixas Temperaturas e Pequenos Fluxos de Ar. 1992. 68p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) – Universidade Federal de Pelotas.
- PESKE, S.T.; BARROS, A.C.S.A. Produção de Sementes de Arroz. In: PESKE, S.T.; NEDEL, J.L.; BARROS, A.C.S.A. (Eds.). Produção de Semente de Arroz Irrigado. Pelotas: UFPel, 1997. p.351-412.
- RANGEL, M.A.S.; ZIMMER, G.J.; VILLELA, F.A. Secagem Estacionária de Sementes de Arroz com Ar Ambiente. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.32, n.10, p.1081-1090, 1997.
- ROA, G.; VILLA, L.C. Secagem e Armazenamento de Grãos e Sementes em Silos Mediante a Utilização do Ar Ambiente com Auxílio de Coletores Solares. Campinas: UNICAMP, 1977. 51P.
- ROBERTS, E.H. Quantifying Seed Deterioration. In: SEGOE, S. Physiology of Seed Deterioration. Madison: Crop Science Society of America, 1986. p.101-123.
- RODRIGUEZ, J.C. Evaluación de un Sistema de Secado de Granos com Aire Natural. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE GRÃOS, 1993, Canela. Anais... Canela: CESA / FAO, 1994. p.215-234.
- SILVA FILHO, P.M. Processo de Secagem, Desempenho da Semente e Qualidade Industrial de Trigo. 1999. 64f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1999.
- VILLELA, F.A.; SILVA, W.R. Curvas de Secagem de Sementes de Milho Utilizando o Método Intermitente. Scientia Agrícola, Piracicaba, v.49, n.1, p.145-153, 1992.

Teste de imersão em água para avaliação do potencial fisiológico de sementes de arroz

Cátia Fernanda Wrasse¹, Nilson Lemos De Menezes², Rafael Pivotto Bortolotto³

Resumo - O presente trabalho teve por objetivo determinar as condições para a condução do teste de imersão em água como teste de vigor em sementes de arroz. Utilizaram-se cinco lotes de sementes de arroz cv. IRGA 417, caracterizados quanto à qualidade fisiológica inicial e submetidos aos tratamentos de imersão em água por períodos de 24, 48, 72, 96 e 120 horas a 25 °C. Após os tratamentos, foram realizadas as avaliações de germinação, comprimento da raiz, parte aérea e total e massa seca das plântulas. O teste de imersão em água na condição de 24 horas a 25 °C, seguido da avaliação da formação de plântulas normais, é viável para avaliar o potencial fisiológico de sementes de arroz.

Palavras-chave - *Oryza sativa* L., vigor, qualidade de sementes.

WATER IMMERSION TEST FOR EVALUATION OF PHYSIOLOGIC POTENTIAL OF RICE SEEDS

Abstract - *The objective of this work was to determine the best conditions for the water immersion test and to evaluate its efficiency for application on rice seeds. Five seed lots of cv. rice IRGA 417 were used, which were submitted to immersion treatments tests for periods of 24, 48, 72, 96 and 120 hours at 25 °C. After treatments, germination test, partial and total length of seedlings and seedlings dry matter were accomplished. Water immersion test in the condition of 24 hours of immersion of the seeds at 25 °C, with evaluation of normal seedlings developed, is viable to evaluate vigor on rice seeds.*

Key-words - *Oryza sativa* L., vigor, quality seeds.

INTRODUÇÃO

A embebição das sementes constitui o início do processo de germinação. Inicialmente, ocorre a entrada de água nas sementes, devido a processos físico-químicos, que estabelecem uma diferença de potencial hídrico entre a semente e o substrato, seguindo-se pela mobilização e translocação das reservas para o eixo embrionário. Nessa fase o processo de absorção de água é mais lento e o metabolismo reduzido. Na etapa seguinte ocorre a protrusão da raiz primária, considerada a germinação visível, quando, novamente, aumenta a velocidade de absorção de água e o metabolismo se acelera.

A absorção ocorre mais rapidamente quando as sementes secas são expostas a maior disponibilidade de água, tal situação promove danos nas membranas celulares, ocasionando a perda de solutos importantes à germinação da semente (CASTRO e HILHORST, 2004).

As sementes podem apresentar respostas variadas a diversos níveis de hidratação, sendo possível ocorrer tanto a germinação, quanto a deterioração ou até mesmo, em níveis mais críticos, a morte das sementes (MOTTA e SILVA, 1999).

A hidratação promove várias mudanças fisiológicas e bioquímicas na semente, principalmente, quando a semente é colocada em uma condição anaeróbica. A sobrevivência das sementes e o estabelecimento das plântulas em condições de aerobiose ou anaerobiose variam de acordo com um complexo conjunto de fatores bióticos e abióticos (YAMAUCHI e WINN, 1996), onde se pode destacar a temperatura da água, a disponibilidade de oxigênio e a capacidade de degradação e de síntese de biomoléculas de cada genótipo (WIELEWICKI e BARROS, 2002).

Quando há excesso de água, a disponibilidade de oxigênio para o embrião diminui, reduzindo ou atrasando a germinação em várias espécies (KOZLOWSKI e PALLARDY, 1997). A imersão leva à rápida embebição e à baixa concentração de oxigênio dissolvido na água, o que pode induzir o desvio do metabolismo aeróbico para o fermentativo (CRAWFORD, 1978). Neste caso, a semente já danificada tem menor energia disponível para o desencadeamento do processo germinativo (RICARD et al., 1991). No entanto, sementes de algumas espécies podem suportar imersão temporária (SOUZA et al., 1999) e respondem favoravelmente à baixa oxigenação com

¹ Eng. Agrônomo, M.sc. em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria.

² Eng. Agrônomo, Dr. Professor do Departamento de Fitotecnia, CCR, UFSM, Santa Maria, RS. CEP: 97105-280. E-mail: nlmenezes@smail.ufsm.br.

³ Eng. Agrônomo, M.sc. em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria.

a formação de plântulas com aerênquimas (JUSTIN e ARMSTRONG, 1987), podendo também existir diferenças varietais na taxa de sobrevivência das sementes após a imersão (SAKA e ISAWA, 1999).

O arroz germina em ambientes totalmente livres de oxigênio, no entanto, apenas o coleóptilo alonga, o crescimento radicular é inibido (BEWLEY e BLACK, 1994). Estudos conduzidos por Saka e Isawa (1999) demonstraram que ocorre uma diminuição da germinação em sementes de arroz, quando submetidas ao alagamento. Resultados semelhantes foram obtidos com milho (DANTAS et al., 2000) e feijão (CUSTÓDIO et al., 2002), demonstrando que ocorre diminuição da capacidade germinativa.

O teste de imersão em água surgiu como alternativa para avaliação do potencial fisiológico das sementes de espécies afetadas pela baixa disponibilidade de oxigênio no solo, onde a avaliação do vigor das sementes é baseada na taxa de sobrevivência à falta de oxigênio. Neste contexto, o objetivo do trabalho foi o de determinar as melhores condições para o teste de imersão em água como teste de vigor para aplicação em sementes de arroz.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida no Laboratório Didático e de Pesquisas em Sementes (LDPS) do Departamento de Fitotecnia, na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria – RS.

Foram utilizados cinco lotes de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.), cultivar IRGA 417, com qualidade fisiológica distinta, sendo um dos lotes proveniente da safra 2003/04 e os demais, da safra 2004/05. Os lotes foram obtidos da Cooperativa Sepeense Ltda. do município de São Sepé, RS. Os lotes da safra 2004/05 sofreram tratamento de pré-secagem (BRASIL, 1992) para superação da dormência, em seguida, aplicou-se o conjunto de testes descritos a seguir, para caracterização inicial do potencial fisiológico dos lotes.

Germinação: utilizaram-se quatro repetições de 100 sementes para cada lote, semeadas em rolos de papel toalha umedecidos com água destilada, na proporção de 2,5 vezes a massa do substrato seco, sendo as repetições

mantidas em germinador regulado a 25 °C. As avaliações foram realizadas aos cinco e aos 14 dias, após o início do teste, conforme as Regras para Análise de Sementes - RAS (BRASIL, 1992), sendo os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais.

Comprimento de plântula: as sementes foram semeadas em papel toalha umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes a massa do substrato, em quatro repetições de 20 sementes e levadas ao germinador à temperatura de 25 °C. As sementes foram semeadas sobre uma linha traçada no terço superior do papel substrato no sentido longitudinal, conforme metodologia proposta por Nakagawa (1994). As avaliações foram realizadas aos sete dias após semeadura com auxílio de uma régua graduada em milímetros. Utilizou-se o comprimento médio de dez plântulas normais tomadas ao acaso. O comprimento médio das plântulas foi obtido somando-se as medidas das plântulas e de suas partes aérea e de raízes e dividindo-se pelo número das plântulas mensuradas, por repetição, com resultados expressos em centímetros (cm).

Teste de frio sem terra: foram utilizadas quatro repetições de 100 sementes de cada lote, distribuídas em rolos de papel toalha umedecido com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes a massa do substrato seco. Os rolos foram colocados no interior de sacos plásticos, vedados com fita adesiva e mantidos em câmara regulada a 10 °C, durante sete dias. Após este período, os rolos foram transferidos para um germinador à temperatura de 25 °C, onde permaneceram por mais sete dias, de acordo com a descrição de Cícero e Vieira (1994). Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

Teste de envelhecimento acelerado: as sementes foram acondicionadas em caixas plásticas (mini-câmaras) de 11 x 11 x 3 cm, com bandeja telada. Após a adição de 40 mL de água destilada nas caixas, foram distribuídas uniformemente 600 sementes de cada um dos lotes sobre a tela e, então as caixas foram fechadas e levadas à estufa a 41 °C, durante 96 horas (AOSA, 1983). Após este período, instalou-se o teste de germinação, conforme descrito anteriormente, sendo a avaliação realizada no sétimo dia após a instalação do teste. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

As condições para execução do Teste de imersão

em água foram avaliadas através de quatro repetições de 100 sementes de cada lote, que ficaram submersas durante 24, 48, 72, 96 e 120 horas em 60 mL de água destilada, mantidas à temperatura de 25 °C. As sementes submetidas ao teste de imersão foram então incubadas em germinadores, no escuro, por mais 24 horas a 25 °C, de acordo com a metodologia descrita por Martin et al. (1991). Os períodos do teste de imersão descritos foram considerados como tratamentos.

Após terem sido expostas aos respectivos períodos de imersão, as sementes foram submetidas aos testes de germinação e vigor descritos a seguir: teste de germinação, (BRASIL, 1992), comprimento de plântula e de suas partes e massa seca de plântulas. A massa seca de plântulas foi determinada com quatro repetições de 10 plântulas, provenientes do teste de comprimento de plântula, mantida em sacos de papel, em estufa a 60 °C, por 48 h. Em seguida, as plântulas foram pesadas em balança de precisão (0,001 g) e o valor obtido pela soma de cada repetição foi dividido pelo número de plântulas utilizadas. Os resultados foram expressos em mg/plântula.

Análise estatística: o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado para os testes de laboratório, com quatro repetições. Os dados experimentais foram submetidos à análise da variância e as médias entre lotes foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro, utilizando-se o programa estatístico SANEST (ZONTA et al., 1986). A variável germinação e suas derivações usadas foram transformadas em arco seno. Para análise dos tratamentos de imersão efetuou-se análise de regressão polinomial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentados os dados referentes aos testes de germinação e de vigor aplicados para caracterização da qualidade inicial dos cinco lotes de sementes de arroz.

O teste de germinação apontou diferenças significativas entre eles, sendo que o lote 1 teve menor germinação do que os demais. Este teste é altamente padronizado e possui alta repetibilidade, contudo não indica a emergência em campo, o que o torna, muitas

vezes, incompleto para determinar o potencial fisiológico das sementes, porém em lotes homogêneos pode avaliar razoavelmente a qualidade das sementes (SPINA e CARVALHO, 1986).

O teste de comprimento de plântulas indicou semelhanças entre os lotes avaliados, apresentando maior comprimento para o lote 3, que diferiu apenas do lote 1, no entanto, ambos não diferiram dos demais. Normalmente, plântulas com maiores valores médios de comprimento são consideradas mais vigorosas, por resultarem de sementes com maior quantidade de reservas (DAN et al., 1987). Estudos conduzidos com arroz (PASQUALLI, 2005), também encontraram dificuldades para estratificar lotes de sementes através do comprimento das plântulas, principalmente quando os lotes avaliados apresentaram potencial fisiológico elevado.

No teste de frio sem terra, os resultados indicaram o lote 1 como aquele de menor potencial fisiológico, diferindo dos demais, os quais não diferiram entre si. Este teste é recomendado para diversas espécies da família Poaceae, considerando que sementes resistentes às condições desfavoráveis são as mais vigorosas (CICERO e VIEIRA, 1994).

No teste de envelhecimento acelerado, o lote 1 mostrou menor qualidade, diferindo dos demais, como já havia sido observado nos testes anteriores. No entanto, mostrou que o lote 3 apresentou menor vigor do que os lotes 2, 4 e 5. Isto mostra a eficácia do teste de envelhecimento acelerado para diferenciar lotes de sementes de arroz com semelhante germinação, o que não foi possível por nenhum outro teste.

Os dados apresentados na Figura 1 mostram os efeitos dos períodos de imersão sobre a porcentagem de germinação das sementes. Verificou-se que, nas primeiras 24 horas, houve estratificação dos lotes em três níveis de vigor. Este mesmo período confirmou o lote 1 como aquele de menor vigor, como já havia sido apontado nos testes convencionais. Além disto, foi possível identificar o lote 3 como de vigor intermediário e os lotes 2, 4 e 5 como os mais vigorosos, o que só havia sido possível pelo teste de envelhecimento acelerado. Os períodos compreendidos de 48 e 72 horas de imersão promoveram maior germinação nos lotes avaliados do que o período

TABELA 1 - Germinação (G), comprimento de plântula (CP), teste de frio sem terra (TF) e envelhecimento acelerado (EA) de cinco lotes de sementes de arroz cv IRGA 417. Santa Maria - RS, 2005

LOTES	G (%)	CP (cm)	TF (%)	EA (%)
L1	70b*	16,2b	59b	43c
L2	90a	18,4ab	83a	80a
L3	92a	19,5a	84a	65b
L4	95a	18,1ab	82a	77a
L5	93a	18,3ab	85a	78a
C.V. (%)	5,74	8,31	2,69	3,66

* Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

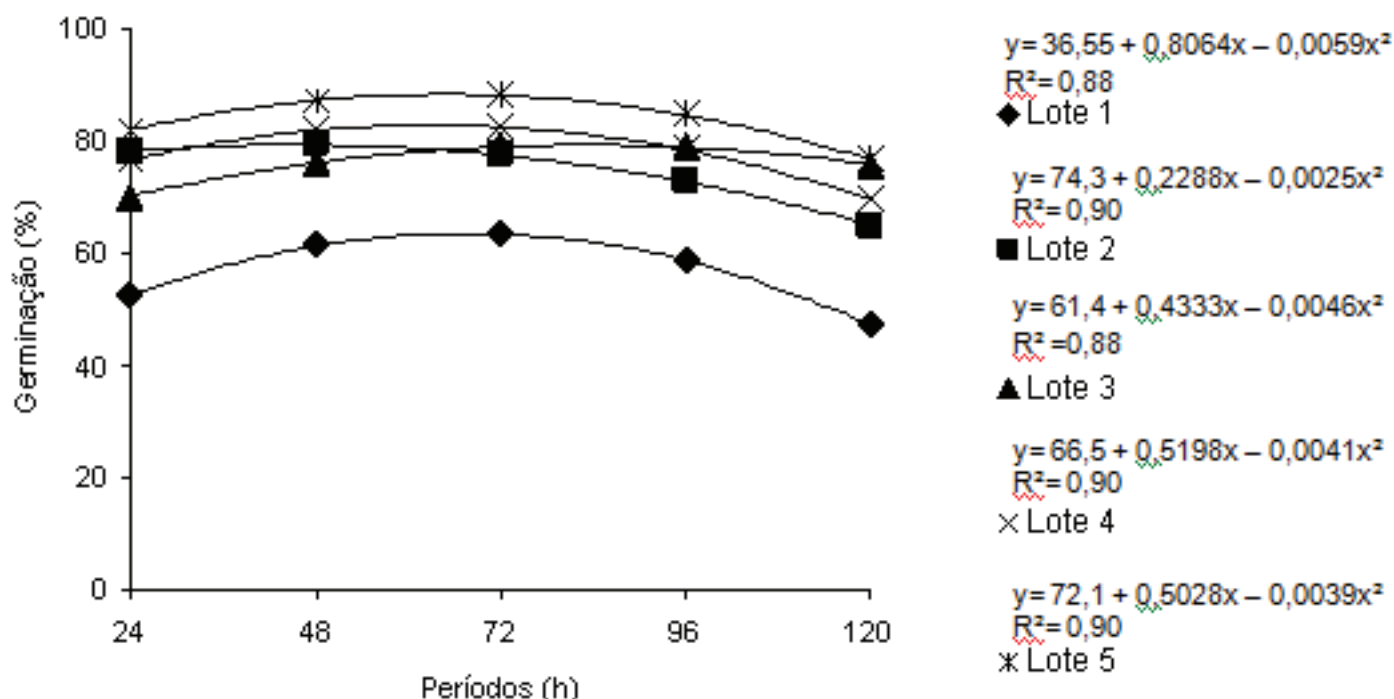
anterior. A partir de aproximadamente 65 horas houve redução na porcentagem de plântulas normais, nos lotes 2 a 5 sendo observada distinção entre eles. Os efeitos negativos da hidratação por longos períodos podem ser observados nos testes que avaliam o potencial fisiológico das sementes, já que estes são sensíveis para detectar as perdas devido à hidratação (WOODSTOCK, 1988).

Quando o período de imersão é longo e há baixa disponibilidade de oxigênio o metabolismo aeróbico é substituído pelo fermentativo (DANTAS, 2002), onde as sementes já danificadas têm menor energia disponível para o processo germinativo, refletindo em menor vigor das plântulas formadas (RICARD et al., 1991), além da liberação de solutos necessários à germinação das sementes (CASTRO e HILHORST, 2004).

Mesmo com características peculiares de sobrevivência em condições com baixas concentrações de oxigênio, o desempenho dos cinco lotes foi prejudicado quando o período de hipoxia se estendeu por 120 horas diminuindo a porcentagem de formação de plântulas

normais. Tal observação corrobora as indicações de Crawford (1977), que verificou correlação entre a excreção de etanol no meio de alagamento e o período de imersão, até a protrusão da radícula em sementes de milho, alfafa e arroz, embora Martin et al. (1991) tenha colocado em dúvida tal afirmação. Trabalhos conduzidos com arroz, milho e feijão indicaram que curtos períodos de imersão foram suficientes para reduzir drasticamente a germinação das sementes (SAKA e ISAWA, 1999; DANTAS et al., 2000; CUSTÓDIO et al., 2002).

A Figura 2 mostra a porcentagem de plântulas anormais formadas após diferentes períodos de imersão, indicando que períodos elevados promovem aumento do número de plântulas anormais. O efeito do período de 24 horas de imersão, sobre a formação das plântulas anormais, parece ser devido aos danos celulares provocados pela imersão, em maior proporção do que a concentração de oxigênio na água, diferentemente do período de 120 horas de imersão que promove a desestruturação das membranas celulares associada

**Figura 1** - Germinação (%) de cinco lotes de arroz, cv IRGA 417, submetidos a diferentes períodos de imersão das sementes. Santa Maria, RS. 2005.

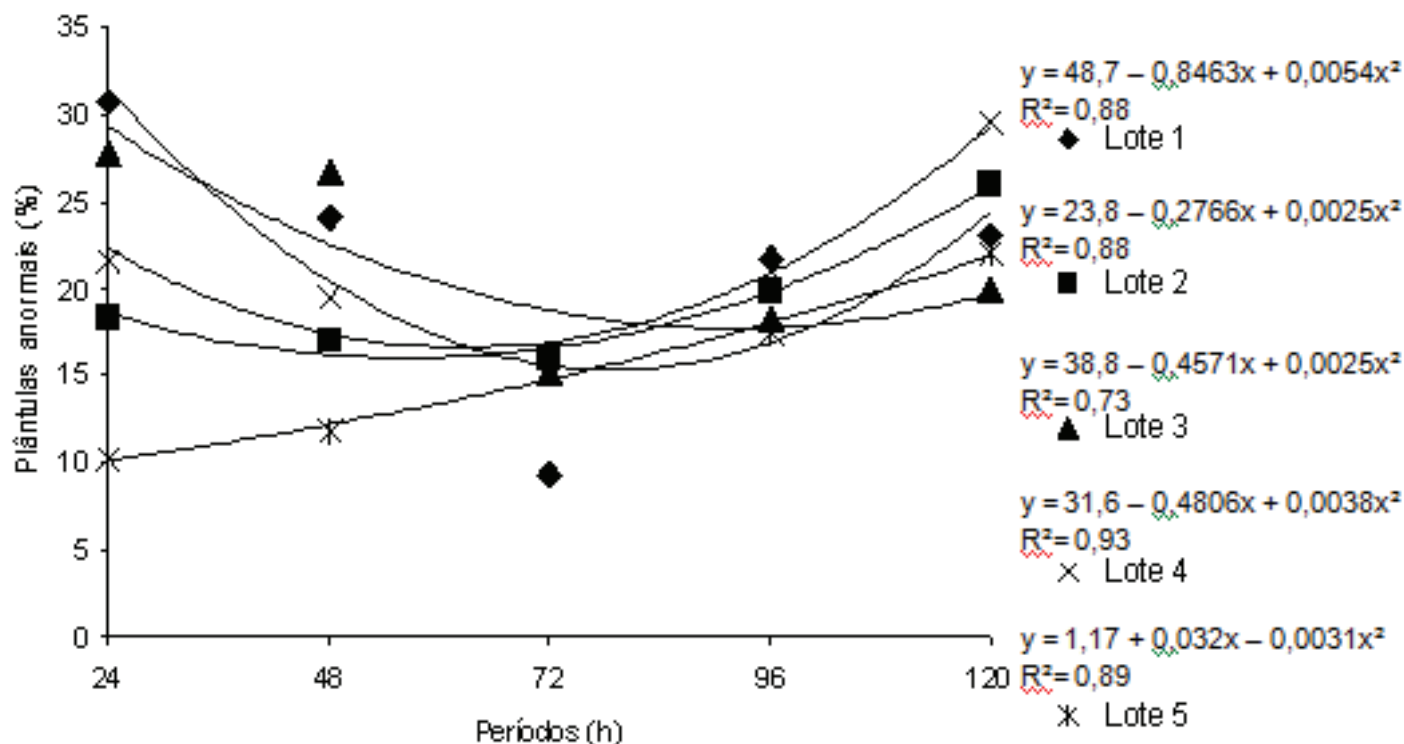


Figura 2 – Plântulas anormais (%) de cinco lotes de arroz, cv IRGA 417, submetidos a diferentes períodos de imersão das sementes. Santa Maria, RS. 2005

ao processo de deterioração das sementes (DELOUCHE e BASKIN, 1973). Nos períodos de 48 e 72 horas o dano provocado pelo estresse foi parcialmente recuperado pela ocorrência de alguma reorganização e seletividade das membranas celulares. Os períodos excessivamente longos prejudicaram o desenvolvimento, devido à excessiva liberação de lixiviados na água e diminuição dos teores de oxigênio livre, com isso, aumentando a

formação de plântulas anormais ou pouco vigorosas, como também observaram Franco et al. (1995). Sob as condições de elevado estresse, ocorrem dificuldades no restabelecimento das organelas celulares, como tonoplastos e plasmodesmos e membranas celulares, que uma vez comprometidas, permitem a lixiviação de produtos intracelulares, tais como açúcares, ácidos orgânicos aminoácidos e íons (MARCOS FILHO, 2005),

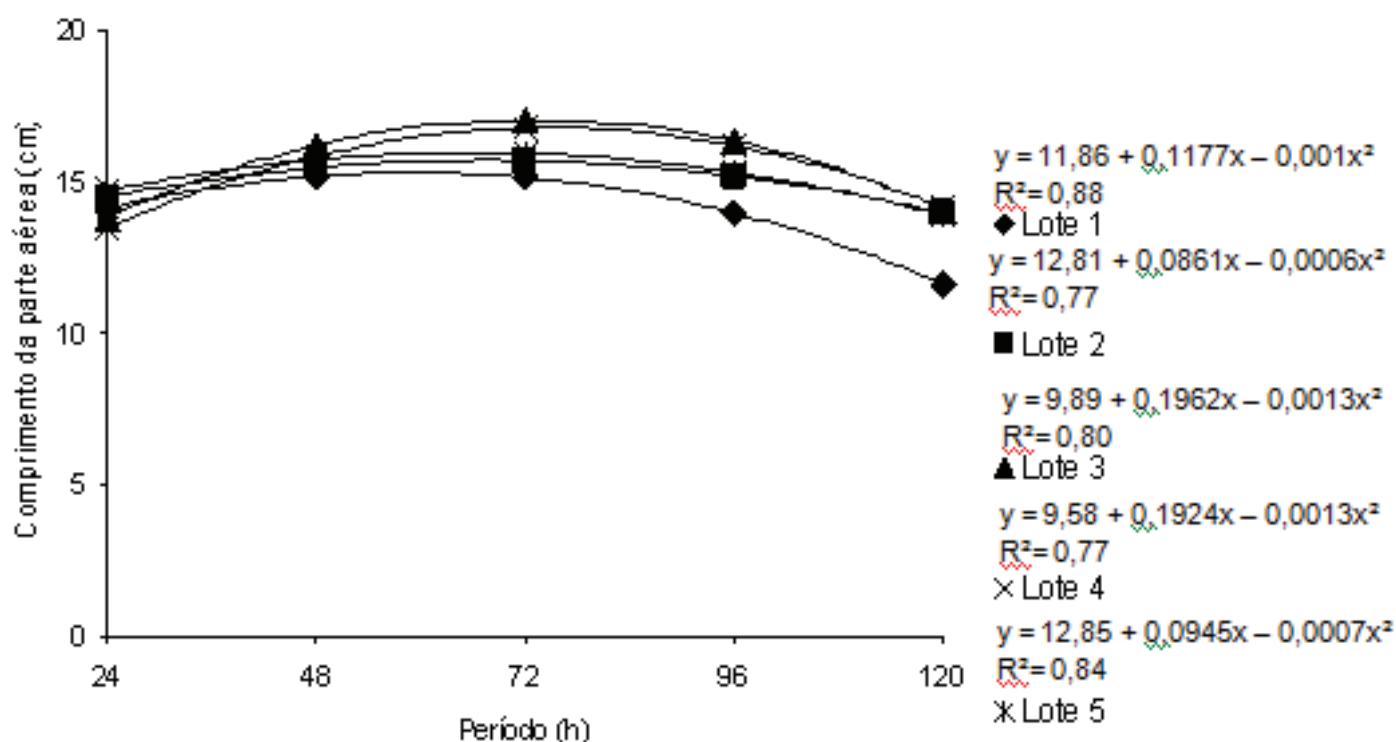


Figura 3 – Comprimento da parte aérea (cm) de plântulas de cinco lotes de arroz, cv IRGA 417, submetidos a diferentes períodos de imersão das sementes. Santa Maria, RS. 2005

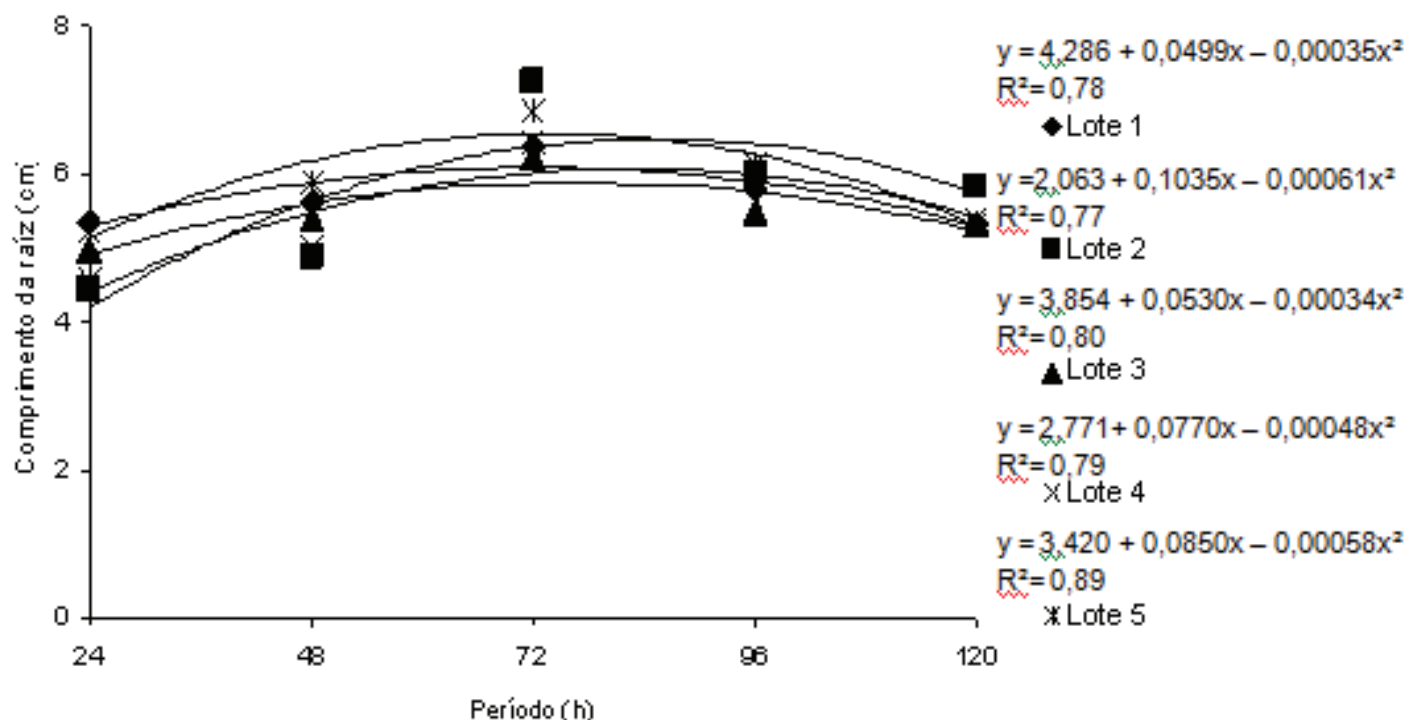


Figura 4 – Comprimento da parte raiz (cm) de plântulas de cinco lotes de arroz, cv IRGA 417, submetidos a diferentes períodos de imersão das sementes. Santa Maria, RS. 2005.

entre eles P e K (WOODSTOCK, 1988), essenciais para a germinação e manutenção do vigor. Os dados de comprimento da parte aérea das plântulas encontram-se na Figura 3. Observou-se que houve efeito dos períodos de imersão sobre a variável considerada. O período de 72 horas proporcionou maior desenvolvimento de plântulas para os lotes, sendo o lote 1 com menor percentual de plântulas normais. Isso sugere que, as sementes de arroz irrigado podem

suportar períodos prolongados nas condições de hipoxia ou anoxia sem sofrer danos imediatos com a hidratação prolongada. É possível a ocorrência de reestruturação de membranas, evitando a lixiviação de solutos (MARCOS FILHO, 2005) e o desdobramento e translocação de substâncias pode favorecer o crescimento das plântulas. Esse teste estratificou os lotes de sementes, ratificando os resultados obtidos pelo teste de germinação.

O comprimento das raízes (Figura 4) teve

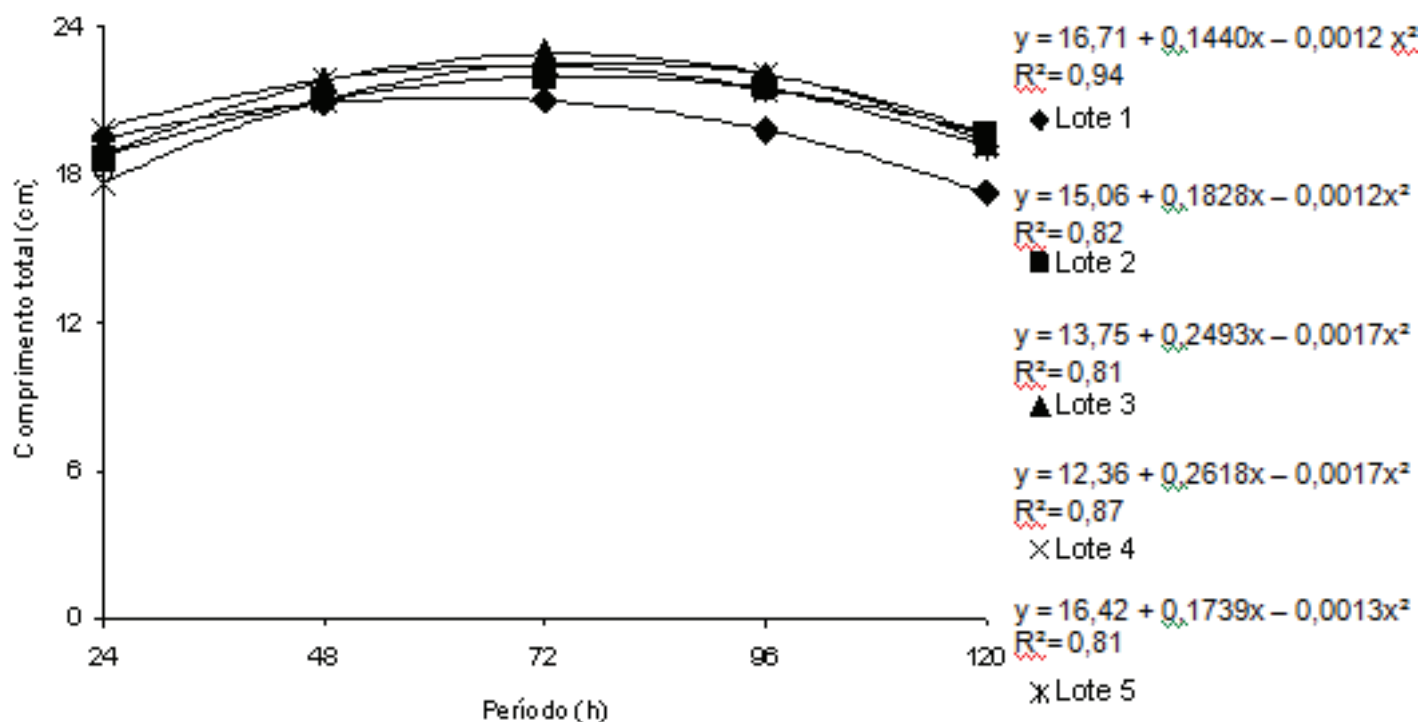


Figura 5 – Comprimento total (cm) de plântulas de cinco lotes de arroz, cv IRGA 417, submetidos a diferentes períodos de imersão das sementes. Santa Maria, RS. 2005.

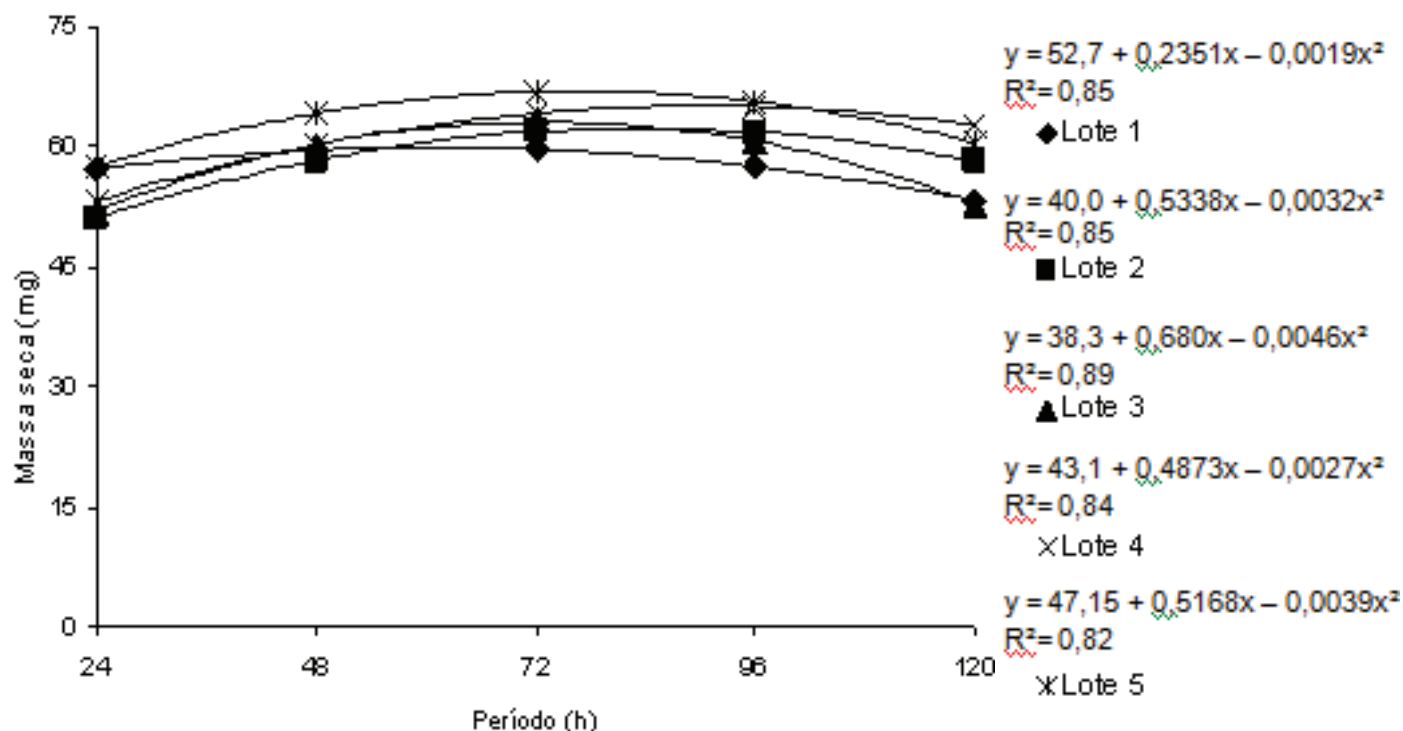


Figura 6 – Massa seca (mg) de plântulas de cinco lotes de arroz, cv IRGA 417, submetidos a diferentes períodos de imersão das sementes. Santa Maria, RS. 2005.

comportamento semelhante ao comprimento da parte aérea. Os resultados obtidos não mostraram inibição do sistema radicular como indicado por Bewley e Black (1994), mesmo em condições bastante limitantes para o desenvolvimento das plântulas, diferindo de Dantas et al. (2000). A imersão das sementes em água provoca a rápida embebição e a ruptura das membranas celulares, que associada aos longos períodos de imersão causa a deterioração das sementes (DELOUCHE e BASKIN, 1973), podendo diminuir o comprimento das raízes. Os maiores períodos de imersão podem, também, ter afetado a atividade enzimática nas sementes, pois algumas enzimas, sabidamente, estão associadas com a inibição da germinação e/ou crescimento das raízes em situações de hipoxia e anoxia, como a invertase e sucrose sintase (ZENG et al., 1999) e álcool desidrogenase (CHUNG e FERL, 1999).

A imersão em água das sementes pelo período de 24 horas promoveu a formação de plântulas (Figura 5) com tamanho menor do que aquelas provenientes do período de 72 horas, esse período, no entanto, foi necessário para que ocorressem todos os processos metabólicos nas sementes, oferecendo condições para que o processo de germinação fosse concluído, dificultando a interpretação dos dados obtidos para o período em questão. A imersão por 120 horas demonstrou ser inadequado para o

crescimento das plântulas, devido ao longo período em que as sementes ficaram expostas à deficiência de oxigênio no meio além de aumentar o odor característico de putrefação, devido à diminuição da concentração de oxigênio presente na água.

Para a massa seca (Figura 6) das plântulas observou-se o comportamento representado por uma equação quadrática com máximo ocorrendo entre 59 horas para o lote 1 e 89 horas para o lote 2, verificou-se estratificação dos lotes a partir desses períodos. Esses dados mostram que períodos elevados de imersão permitem aumentos de massa nas plântulas, devido ao estímulo da atividade metabólica inicial, como ativação enzimática, translocação de nutrientes, entre outros fatores (MARCOS FILHO, 2005). Resultados semelhantes foram obtidos por Dantas et al. (2002), indicando aumento dos valores de massa até determinados períodos de imersão, decrescendo posteriormente. Os maiores valores médios de massa seca obtida de plântulas normais indicaram estas como as mais vigorosas, pois proporcionam maior transferência de matéria seca de seus tecidos de reserva para o eixo embrionário na fase de germinação (NAKAGAWA, 1994).

Para a formação das plântulas (crescimento e massa seca) observou-se a mesma tendência de resposta aos tratamentos, ou seja, um estímulo com os tratamentos

de aproximadamente 72 horas, com pequenas variações de acordo com o lote. Os resultados observados para os lotes 2, 4 e 5, nos testes convencionais repetiram-se após os tratamentos de imersão, o que parece indicar que os lotes apresentavam qualidade fisiológica muito próxima. O tratamento de 24 horas de imersão causou redução do potencial fisiológico de todos os lotes, detectado através da formação de plântulas normais e anormais após o estresse.

CONCLUSÕES

O teste de imersão em água na condição de 24 horas a 25 °C, seguido da avaliação da formação de plântulas normais, é viável para avaliar o vigor de lotes de sementes de arroz.

Referências Bibliográficas

- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS - AOSA. Seed vigour testing handbook. Lincoln : East Lansing, 1983. 88p. (Contribution 32).
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. Seeds – physiology of development and germination. 2.ed. New York: Plenum Press, 1994. 445p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. Regras para análise de sementes. Brasília: SNDA/DND/CLAV, 1992. 365p.
- CASTRO, R.D.; HILHORST, H.W.M. Embebição e Reativação do Metabolismo. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. Germinação: do básico ao aplicado. São Paulo: Artmed, 2004. 324p., p.149-162.
- CHUNG, H.; FERL, R.J. Arabidopsis álcool dehydrogenase expression in both shoots and roots is conditioned by root growth environment. Plant Physiology, Rockville, v.121, n.2, p.429-436, 1999.
- CÍCERO, S.M.; VIEIRA, R.D. Teste de frio. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. Testes de vigor em sementes. Jaboticabal : FUNEP, 1994. p.151-164.
- CRAWFORD, R.M.M. Tolerance of anoxia and ethanol metabolism in germinating seeds. New Phytologist, Oxford, v.79, n.3, p.511-517, 1977.
- CRAWFORD, R.M.M. Metabolic adaptations to anoxia. In: HOOK, D.D.; CRAWFORD, R.M.M. Plant life in anaerobic environments. Oklahoma: Annual Arbor Science, 1978. p.119-136.
- CUSTÓDIO, C.C. ; MACHADO NETO, N.B. ; ITO, H.M. ; VIVIAN, M.R. Efeito da submersão em água de sementes de feijão na germinação e no vigor. Revista Brasileira de Sementes, Londrina, v.24, n.2, p.49-54, 2002.
- DAN, E.L.; MELLO V.D.C.; WETZEL, C.T.; POPINIGIS, F.; ZONTA, E.P. Transferência de matéria seca como método de avaliação do vigor de sementes de soja. Revista Brasileira de Sementes, Brasília, v.9, n.3, p.45-55, 1987.
- DANTAS, B.F.; ARAGÃO, C.A.; CAVARIANI, C.; NAKAGAWA, J.; RODRIGUES, J.D. Efeito da duração e da temperatura de alagamento na germinação e no vigor de sementes de milho. Revista Brasileira de Sementes, Londrina, v.22, n.1, p.88-96, 2000.
- DANTAS, B.F. Atividade amilolítica e qualidade de sementes de milho (*Zea mays* L.) submetidas ao alagamento. Botucatu: UNESP, 2002. 67f. Tese (Doutorado em Agricultura) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.
- DELOUCHE, J.C.; BASKIN, C.C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. Seed Science and Technology, Zürich, v.1, p.427-452, 1973.
- FRANCO, D.F.; PETRINI, J.A.; RODO, A.B.; OLIVEIRA, A.A. Métodos para superação da dormência em sementes de arroz. Informativo ABRATES, Londrina, v.5, n.2, p.92, 1995.
- JUSTIN, S.H.F.; ARMSTRONG, W. The anatomical characteristics of root and plant response to soil flooding. New Phytologist, Oxford, v.106, n.2, p.465-485, 1987.
- KOSLOWSKI, T.T.; PALLARDY, S.G. Growth control in woody plants. San Diego: American Press, 1997, 254p.
- MARCOS FILHO, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.
- MARTIN, B.A.; CERWICK, S.F.; REDING, L.D. Physiological basis for inhibition of maize seed germination by flooding. Crop Science, Madison, v.31, n.2, p.1052-1057, 1991.
- PESQ. AGROP. GAÚCHA, PORTO ALEGRE, v.15, n.2, p.171-179, 2009.

- MOTTA, C.A.; SILVA, W.R. Desempenho fisiológico e sanidade de sementes de trigo submetidas a tratamentos de hidratação/desidratação. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v.56, n.3, p.398-406, 1999.
- NAKAGAWA, J. Teste de vigor baseados na avaliação de plântulas. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. Testes de vigor em sementes. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.49-85.
- PASQUALLI, L.L. Qualidade de sementes de arroz irrigado submetidas a diferentes temperaturas na secagem estacionária. Santa Maria: UFSM, 2005. 48f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Santa Maria.
- RICARD, B.; RIVOAL, J.; SPITERI, A.; PRADET, A. Anaerobic stress induces the transcription and translation of sucrose synthase in rice. *Plant Physiology*, Rockville, v.95, n.3, p.669-674, 1991.
- SAKA, N.; ISAWA, T. Varietal differences in the survival rate of sprouting rice seed (*Oryza sativa* L.) under highly reduced soil conditions. *Plant Production Science*, Tokio, v.2, n.2, p.136-137, 1999.
- SOUZA, A.F.; ANDRADE, A.C.S.; RAMOS, F.N.; LOUREIRO, M.B. Ecophysiology and morphology of seed germination of the neotropical lowland tree *Genipa Americana* (Rubiaceae). *Journal of Tropical Ecology*, Cambridge, v.15, n.5, p.667-680, 1999.
- SPINA, I.A.T.; CARVALHO, N.M. Testes de vigor para selecionar lotes de amendoim antes do beneficiamento. *Ciência Agronômica*, Jaboticabal, v.1, n.1, p.10-15, 1986.
- YAMAUCHI, M.; WINN, T. Rice seed vigor and seedling establishment in anaerobic soil. *Crop Science*, Madison, v.36, n.1, p.680-686, 1996.
- WIELEWICKI, A.P.; BARROS, A.C.A. Temperatura e disponibilidade de oxigênio no crescimento de plântulas de arroz irrigado. *Revista Brasileira de Sementes*, Londrina, v.24, n.2, p.55-61, 2002.
- WOODSTOCK, L.W. Seed imbibition: a critical period for successful germination. *Journal of Seed Technology*, Lansing, v.12, n.1, p.1-15, 1988.
- ZENG, Y.; WU, Y.; AVIGNE, W.T.; KOCH, K.E. Rapid repression of maize invertases by low oxygen: invertase/sucrose synthase balance, sugar signaling potential, and seedling survival. *Plant Physiology*, Rockville, v.121, n.2, p.599-608, 1999.
- ZONTA, E.P.; SILVEIRA, P.S.; ALMEIDA, A. Sistema de análise estatística para microcomputadores – SANEST. Pelotas: Instituto de Física e Matemática, UFPel, 1986. 150p.