

## RESPOSTA DA CULTURA DO MILHO À VARIABILIDADE HÍDRICA EM SOLO SOB PIVÔ CENTRAL<sup>1</sup>

**FÁTIMA CIBELE SOARES<sup>1</sup>; MARCIA XAVIER PEITER<sup>2</sup>; ADROALDO DIAS ROBAINA<sup>3</sup>; GISELE APARECIDA VIVAN<sup>4</sup> e ANA RITA COSTENARO PARIZI<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Curso de Engenharia Agrícola - Universidade Federal do Pampa- Av. Tiarajú, nº 810. CEP: 97546-550, Alegrete, RS, [fatimasoares@unipampa.edu.br](mailto:fatimasoares@unipampa.edu.br)

<sup>2</sup>Depto de Eng<sup>a</sup> Rural - Universidade Federal de Santa Maria - Av. Roraima, s/nº. CEP: 97105-900, Santa Maria, RS, [mpeiter@smail.ufsm.br](mailto:mpeiter@smail.ufsm.br)

<sup>3</sup>Depto de Eng<sup>a</sup> Rural - Universidade Federal de Santa Maria - Av. Roraima, s/nº. CEP: 97105-900, Santa Maria, RS, [robaina@smail.ufsm.br](mailto:robaina@smail.ufsm.br)

<sup>4</sup>Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola - Universidade Federal de Santa Maria- Av. Roraima, s/nº. CEP: 97105-900, Santa Maria, RS, [xlvivan@yahoo.com.br](mailto:xlvivan@yahoo.com.br)

<sup>5</sup>Curso de Engenharia Agrícola – Instituto Federal Farroupilha – RS-377 Km 27 – Passo Novo. CEP: 97555-000, Alegrete, RS, [anaparizi@gmail.com](mailto:anaparizi@gmail.com)

### 1 RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo analisar a variabilidade das características físico hídricas do solo relacionado-as no processo de desenvolvimento da cultura, em área irrigada sob pivô central. O experimento foi conduzido na área experimental do Centro Tecnológico do Vale do Jaguari, município de Jaguari - RS, em área de 4,35ha com sistema de irrigação do tipo pivô setorial com 270°, sendo esta dividida em seis setores de 45° cada. As amostras de solo foram coletadas dentro de cada parcela, assim como a avaliação dos diferentes componentes da parte aérea da planta. O manejo da irrigação foi realizado através da estimativa da evapotranspiração da cultura ao longo do ciclo. Monitorou-se diariamente o conteúdo de água no solo através da utilização de sensores dielétricos de água no solo, instalados em cada setor. Na colheita foram determinados os componentes de rendimento e estimada a produtividade. A interpretação dos resultados obtidos mostrou que houve variabilidade espacial significativa dos componentes da cultura quanto à disponibilidade hídrica apresentada no solo. Concluiu-se que para obtenção da máxima produtividade e eficiência do uso da água, é necessário que as propriedades agrícolas do solo sejam interpretadas heterogeneamente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Irrigação de precisão; *Zea mays L.*; Propriedades físico-hídricas

**SOARES, F. C.; PEITER, M. X.; ROBAINA, A. D.; VIVIAN, G. A.; PARIZI, A. R. C.;  
CORN CROP RESPONSE THE WATER VARIABILITY IN A SOIL UNDER A  
CENTER PIVOT**

### 2 ABSTRACT

The objective of this study was to analyze soil physic-hydrous characteristics according to crop development, in an area irrigated with central pivot. The experiment was accomplished in an experimental area at Technologic Center of Jaguari Valey, in the Jaguari – Rio Grande

<sup>1</sup> Parte da dissertação do primeiro autor.

do Sul. An area of 4.35 hectare irrigated by center pivot system with 270°. The area was divided in six sections of 45° each. The soil samples and the evaluation of the different parts of the plant were collected from each section. The irrigation schedule was accomplished by crop evapotranspiration estimation during the cycle. Soil moisture was observed daily using dielectric sensors installed in each section. During the harvest the yield components and the estimated productivity were determined. Results showed that there was a significant spacial variability to the crop components related to the water availability presented in the soil. In conclusion to achieve the maximum productivity and water use efficiency it is necessary that the soil agricultural properties are interpreted heterogeneously.

**KEYWORDS:** Estimated irrigation; *Zea mays L.*; Physical and hydraulic properties

### 3 INTRODUÇÃO

Em virtude da ocorrência de déficit hídrico natural nas regiões agrícolas do Brasil, os produtores vêm sendo motivados a investirem em sistemas de irrigação, visando garantir e aumentar a rentabilidade de suas propriedades. Porém, o produtor irrigante deve considerar que são altos os custos com a irrigação, devendo trabalhar com a máxima eficiência dos sistemas de forma a obter produtividades que tornem a cultura do milho economicamente viável.

Segundo Pavinato et al. (2008) nos últimos anos têm aumentado significativamente o cultivo do milho sob irrigação, promovendo algumas alterações nas formas de manejo das lavouras, através do planejamento de uso mais intensivo das áreas para compensação do alto investimento, com maior número de cultivos e culturas envolvidas. Esta expansão das lavouras irrigadas tem exigido maior investimento na área da pesquisa no intuito de suprir a demanda de conhecimento com relação ao manejo de irrigação à obtenção de altas produtividades com retorno econômico.

Embora a água seja um dos principais componentes de produção que afeta a produtividade das culturas, sua variabilidade dentro da área irrigada é, freqüentemente, ignorada. Contudo, a aplicação espacialmente diferenciada de água ou irrigação de precisão permite maximizar a produtividade e a eficiência de uso da água em solos com variação espacial da disponibilidade hídrica (Queiroz, 2007).

A maioria dos sistemas de irrigação com aplicação espacialmente variável desenvolvidos até o momento utilizam equipamentos móveis, tais como pivôs centrais ou sistemas lineares (McCann et al., 1997; King et al., 1999 e Sadler et al., 2000). Assume-se que o pivô central tem capacidade infinita de aplicar diferentes lâminas na área a ser irrigada podendo-se, então, dividir essa área em parcelas como numa pizza em fatias (Xavier et al., 2004) e a partir de um único dispositivo (Percentímetro) pode se controlar a lâmina aplicada em cada fatia.

Dentre os métodos de irrigação, o de aspersão por pivô central tem-se expandido de forma mais significativa por favorecer melhor uniformidade de distribuição de água, fácil controle da lâmina d'água aplicada, grande versatilidade para as diversas condições de topografia e classes texturais de solo (Bernardo, 2006). Vilela (2002) aponta o pivô central como o sistema de irrigação por aspersão mais automatizado que existe no mercado. Alves et al. (2001), Santos, et al. (2001) e Frizzone & Dourado Neto (2003), comprovaram que a irrigação programada do milho utilizando sistemas de pivô central pode aumentar o

rendimento das culturas irrigadas e reduzir as perdas por percolação, resultando em benefícios econômicos e ambientais, devido sua elevada uniformidade de distribuição da água.

A variabilidade espacial da disponibilidade hídrica dos solos, é de fundamental importância na quantificação das necessidades hídricas dos vegetais (Alfonsi et al., 1998) e na análise do comportamento de uma cultura, pois são variações de umidade no solo e, conseqüentemente, do armazenamento de água no perfil. Contudo, determinações diretas e freqüentes desse termo são bastante difíceis e trabalhosas, sobretudo em grandes áreas territoriais (Ortolani & Camargo, 1987). Babalola (1978) salienta que alta variabilidade das propriedades físicas do solo resulta em alta variabilidade nas características de retenção de água pelo solo.

Em função da necessidade de introdução de técnicas racionais para o manejo da água e o aumento da produtividade, o presente trabalho tem como objetivo analisar a variabilidade das características físico-hídricas da área de cultivo relacionando-as no processo de desenvolvimento da cultura e produtividade em área irrigada sem variação de lâmina de irrigação, construindo um cenário que permita avaliar a viabilidade da irrigação de precisão para a cultura, através de pivô central.

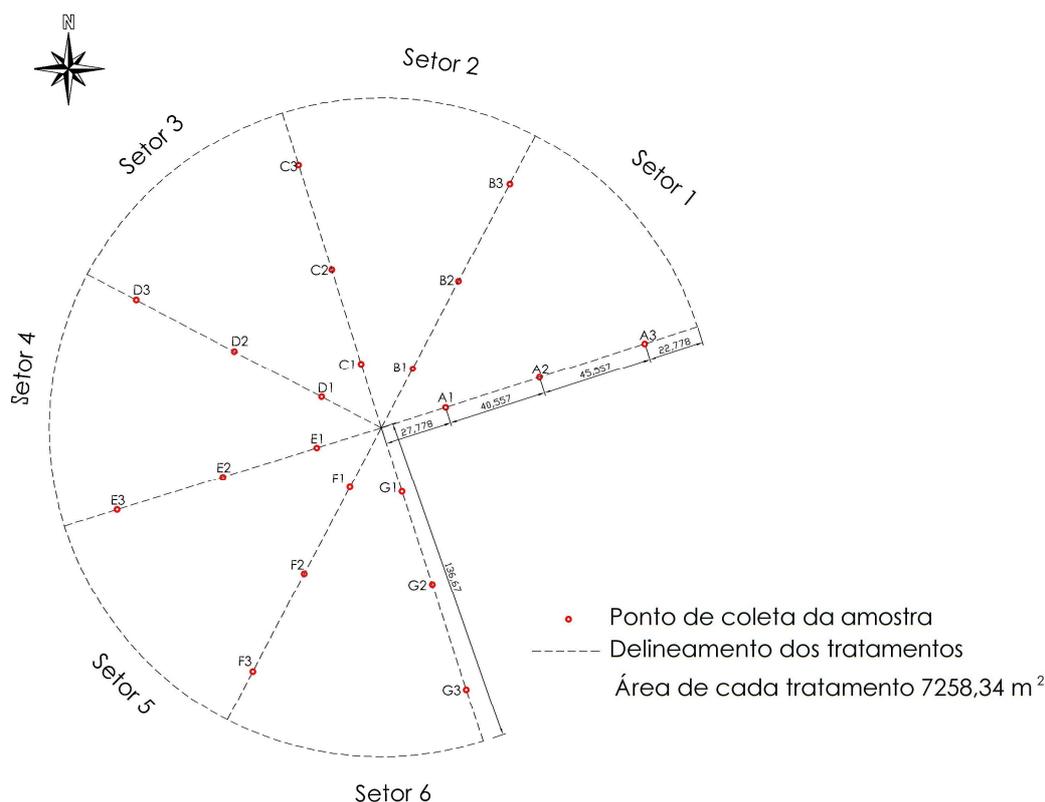
#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no ano agrícola 06/07, em área experimental no Centro Tecnológico do Vale do Jaguari (CTVJ), município de Jaguari - RS. A latitude e a longitude local são de 29°27'36"S e 54°43'44,11"W, respectivamente. A altitude média de 390 m. O solo da área é classificado como Argissolo Vermelho Distrófico, unidade de Mapeamento São Pedro (Podzólico Vermelho-Amarelo) (EMBRAPA, 2006).

O híbrido de milho utilizado foi o BM 1120, semeado em espaçamento de 0,8 m entre linhas com densidade de semeadura de cinco plantas por metro linear e, população aproximada de 62.500 plantas ha<sup>-1</sup>. Para a adubação de plantio foram utilizados 250 kg ha<sup>-1</sup>, da fórmula N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O com 05-28-20, respectivamente. Posteriormente, realizou-se a adubação de cobertura, quando o milho apresentava duas folhas totalmente expandidas, aos 15 dias após a semeadura (DAS), sendo que foram aplicados 70 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de nitrato de amônio.

Anteriormente a semeadura, realizou-se a dessecação do nabo forrageiro (cultura antecessora) com uso de herbicida Glyphosate (glifosato). Durante o cultivo, foi realizada uma aplicação de herbicida pós-emergente (Sanson), quando o milho se encontrava com 5-6 folhas abertas, e posteriormente realizou-se capina manual. Também foi realizada uma aplicação de inseticida para controle da lagarta do cartucho.

A irrigação foi realizada durante todo o ciclo da cultura por meio de aspersão com um pivô setorial, perfazendo uma circunferência com 135,9 m de raio irrigado e um ângulo de irrigação de 270° (4,35 ha). Este ângulo setorial irrigado foi subdividido em seis setores de 45° (Setores 1, 2, 3, 4, 5 e 6), para melhor monitoramento do manejo da área. As caracterizações físico-hídricas do solo foram determinadas por setor, de modo que, a disposição dos mesmos é apresentada na Figura 1.



**Figura 1.** Divisão da área do pivô em seis setores. Jaguari, RS, 2007.

O manejo da irrigação foi realizado pelo balanço hídrico climatológico simplificado. Considerou-se apenas o balanço em 24 horas entre a evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ), estimada pelo método do tanque “Classe A”, segundo Allen et al. (2005) e a chuva total coletada em um pluviômetro. Assim, o cálculo da lâmina líquida aplicada ( $LA$ ), a ser aplicada com o pivô setorial, foi obtido através da utilização da seguinte expressão:

$$LA = \sum_{ij}^{ti} (ET_c - P) \quad (1)$$

Em que:

( $t_j - t_i$ ) - duração do intervalo, entre duas irrigações (sete dias);

$ET_c$  ( $\text{mm dia}^{-1}$ ) foi estimada de acordo com a expressão:

$$ET_c = ECA * K_p * K_c \quad (2)$$

Onde:

$ECA$  - evaporação medida no tanque “Classe A” ( $\text{mm dia}^{-1}$ );

$K_p$  - coeficiente de tanque (adimensional) cujas determinações foram baseadas em Allen et al. (2005);

$K_c$  - coeficiente de cultura simplificado (adimensional) determinado de acordo com Allen et al. (2005).

A variação da umidade do solo foi avaliada indiretamente por meio da utilização de sensores dielétricos de água no solo instalados a 30 cm de profundidade nos diferentes setores. Estes valores obtidos foram transformados posteriormente em umidade volumétrica

através da equação de calibração determinada por Peiter (2005) (equação 3), para o solo da área em estudo, e partir desta determinou-se a lâmina de água disponível no solo.

$$\theta_v = (0.00122 \cdot LR - 0.53224) \cdot ds \quad (3)$$

Onde:

$\theta_v$ : umidade volumétrica ( $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ );

LR: leitura da régua (mV);

ds: densidade do solo ( $\text{g cm}^{-3}$ ).

Em períodos de dois decêndios foi realizado monitoramento do crescimento da planta com a medida do índice de área foliar, de acordo com a metodologia de Stickler et al. (1961), altura de planta de acordo com Sá et al. (2002) e número de folhas por planta.

Na área útil de cada setor, foram avaliados os componentes da produção: número de espigas por planta, número médio de sementes por espiga, massa de 100 sementes e produção de sementes, para estimativa da produtividade que foi corrigida para 13% de umidade, como segue a expressão.

$$\text{Produção} = 10 \cdot \frac{n^\circ \text{ plantas}}{\text{m}^2} \cdot \frac{n^\circ \text{ espigas}}{\text{planta}} \cdot \frac{n^\circ \text{ grãos}}{\text{espiga}} \cdot \text{massa sec a do grão (g)} \cdot 1,13 \quad (4)$$

Os resultados foram submetidos à análise estatística, pelo programa SASM-Agri (Sistema para Análise e Separação de Médias em experimentos agrícolas). Foi realizada a análise da variância, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 1 estão contidos os resultados das características físicas do solo, determinados na área em estudo.

**Tabela 1.** Características físicas do solo Argissolo Vermelho Distrófico, unidade de mapeamento São Pedro. Valores médios de três repetições.

Alinhamento dos Setores	Granulometria			
	Argila (%)	Areia (%)	Silte (%)	Classe Textural
A	23,9 b*	58,9 ab	17,2 a	Franco Arenoso
B	21,9 b	57,9 a	20,2 a	Franco Arenoso
C	26,3 ab	49,9 abc	23,7 a	Franco Argilo-Arenoso
D	24,0 ab	54,6 ab	21,4 a	Franco Argilo-Arenoso
E	24,6 ab	51,6 ab	23,8 a	Franco Argilo-Arenoso
F	32,5 a	45,9 b	21,6 a	Franco Argiloso
G	33,3 a	41,0 c	26,7 a	Franco Argiloso
Média	26,5	51,4	22,1	
Desvio Padrão	4,2	6,4	3,0	

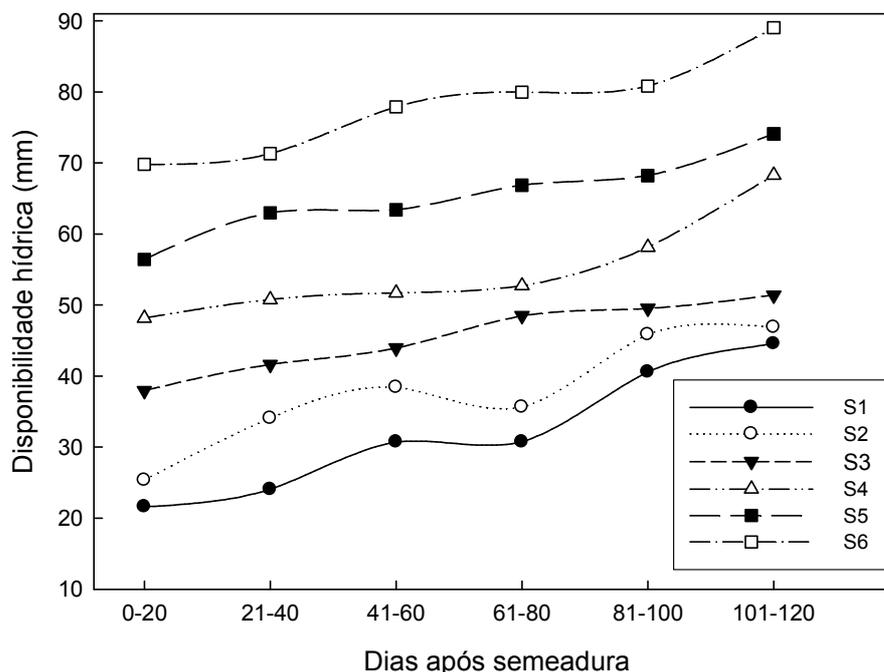
Alinhamento dos Setores	Densidade (g cm <sup>-3</sup> )				
	Profundidade (cm)				
	10 cm	30 cm	50 cm	70 cm	90 cm
A	1,64 ab	1,58 ab	1,55 a	1,52 a	1,48 a
B	1,65 a	1,57 ab	1,54 ab	1,50 a	1,46 a
C	1,63 ab	1,59 a	1,53 ab	1,45 a	1,42 a
D	1,60 bc	1,57 ab	1,52 a	1,46 a	1,44 a
E	1,57 cd	1,57 ab	1,52 ab	1,47 a	1,42 a
F	1,53 de	1,51 b	1,50 ab	1,49 a	1,46 a
G	1,49 e	1,53 b	1,47 b	1,49 a	1,42 a
Média	1,59	1,56	1,52	1,48	1,44
Desvio Padrão	0,06	0,03	0,03	0,02	0,03

\* Médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey, em nível de 5% de erro.

Pelos resultados, nota-se a ocorrência de variabilidade espacial quanto à granulometria e densidade do solo na área experimental e que as porcentagens de argila são maiores na camada de 30 a 60 cm, de modo que, em ambas as profundidades observou-se três classes texturais de solo: franco arenoso, franco argilo-arenoso e franco argiloso. Além disso, vale ressaltar para o setor S6, considerando-se estas profundidades, nota-se uma maior porcentagem de argila, enquanto, para o setor S1 apresenta os menores teores de argila

A densidade média do solo para as profundidades de 10, 30, 50, 70 e 90 cm foram de 1,59, 1,56, 1,52, 1,48 e 1,44 g cm<sup>-3</sup>, respectivamente. A elevada densidade do solo deve-se a ação antrópica, por esta área apresentar em seu histórico a prática intensiva da atividade pecuária. A densidade do solo variou de 1,49 a 1,65 g cm<sup>-3</sup> na profundidade 10 cm, de 1,51 a 1,59 g cm<sup>-3</sup> na profundidade 30 cm, de 1,47 a 1,54 g cm<sup>-3</sup> na profundidade 50 cm, de 1,45 a 1,52 g cm<sup>-3</sup> na profundidade 70 cm e de 1,42 a 1,48 g cm<sup>-3</sup> na profundidade 90 cm. Os valores obtidos estão próximos aos estipulados por Reichert et al. (2003) que afirmam que o valor de densidade do solo considerado limite para culturas anuais em solos com 28-35% de argila, no Sul do Brasil, é de 1,55 g cm<sup>-3</sup>. Assim, a densidade do solo pode ser considerada um fator limitante da produção nos setores 1, 2, 3 e 4 da área cultivada.

É apresentada na Figura 2 a disponibilidade hídrica média (mm) de cada setor, nos diferentes intervalos de coleta durante todo o ciclo de desenvolvimento do híbrido.



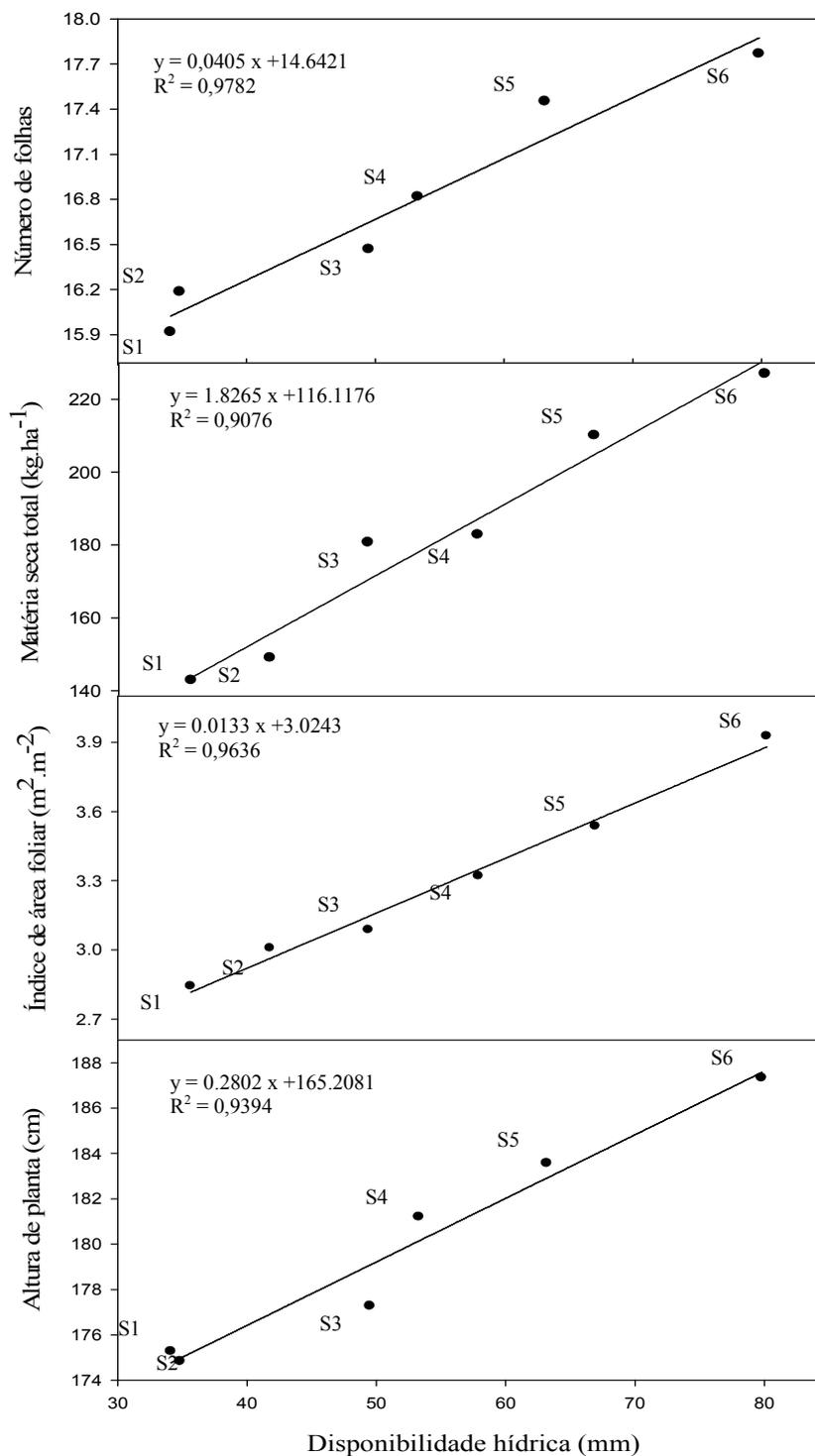
**Figura 2.** Disponibilidade hídrica média (mm), em cada setor, ao longo do ciclo vital de desenvolvimento do híbrido.

A menor disponibilidade hídrica (32,04 mm) foi observada no setor S1, enquanto que para o setor S6 foi observada a maior disponibilidade (78,13 mm). Estes resultados, provavelmente estão relacionados com as diferentes características físico-hídricas que o solo da área apresenta. Em consequência da baixa disponibilidade hídrica média que os setores S1 e S2 ofereceram, as plantas nestes setores apresentaram redução em seu crescimento e desenvolvimento vegetativo.

Comparando os resultados das características físicas do solo (Tabela 1), com a disponibilidade hídrica (mm), nos diferentes setores (Figura 2), nota-se que os setores de classificação textural com maiores teores de argila apresentavam maior disponibilidade hídrica. De maneira geral, solos com textura mais fina, com elevadas proporções de silte e argila, possuem maior capacidade de armazenamento de água. Além disso, a constituição da argila e a seqüência dos horizontes juntamente com as propriedades físicas distintas e umidade, também exercem influência na retenção de água pelos solos (Reichardt, 1985; Reichardt, 1996). Soares Neto (2008), estudando solos do oeste da Bahia observou que nos latossolos a disponibilidade de água para as plantas era maior que nos neossolos. Acredita-se que tal fato ocorre devido à presença de um maior teor de argila nos latossolos. Resultados semelhantes também foram encontrados por Soares Neto (1999) estudando diferentes solos de diferentes classes na região central do país.

De acordo com Reinert (2006) a densidade de um solo, assim como a textura, podem influenciar na sua capacidade de armazenamento de água. Segundo Tormena et al. (1999) solos com densidade superiores a  $1,26 \text{ g cm}^{-3}$  oferecem menores níveis de água, de modo que, este comportamento, afeta sua disponibilidade as plantas. Mediante aos resultados de densidade do solo, observa-se que a variabilidade na disponibilidade de água no solo, da área experimental, também pode ter sido influenciada por esta propriedade.

A Figura 3 mostra a relação entre os resultados obtidos de altura de planta (cm), número de folhas por planta, índice de área foliar ( $m^2 m^{-2}$ ) e matéria seca total ( $kg ha^{-1}$ ) em função da água disponível média (mm), nos diferentes setores.



**Figura 3.** Valores médios dos diferentes parâmetros da planta analisados, relacionado com a disponibilidade hídrica (mm) ao longo do ciclo vital de desenvolvimento.

Através da Figura 3 pode-se observar que à medida que a disponibilidade hídrica do solo aumenta consequentemente os parâmetros: número de folhas por planta, matéria seca total, índice de área foliar e altura de planta também se elevam. Em todos os gráficos, o melhor ajuste dos dados foi obtido através de regressões lineares, as quais apresentam coeficientes de determinação ( $R^2$ ) acima de 0,90.

Estes resultados são coerentes aos encontrados por Rawitz & Hillel (1969), que obtiveram um aumento de 40% na produtividade da cultura de milho em solos que apresentavam uma maior disponibilidade hídrica, enquanto que Leeper et al. (1974) para a mesma cultura encontraram um aumento de 25% na produtividade. Sendo assim estes autores consideraram que a produção das culturas está diretamente relacionada com o nível de água disponível no solo.

Estes dados também estão de acordo com Angus et al. (1983), que desenvolveram um experimentos com o objetivo de analisar o rendimento de culturas em solos com diferentes características físico-hídricas. Estes autores geraram relações de regressão entre estas variáveis e obtiveram um coeficiente de determinação de 0,999 a nível de significância de 0,001. Segundo Hoffman et al. (1990) a capacidade de armazenamento hídrico do solo deve sempre ser considerada na prática do manejo da irrigação.

A Tabela 2 mostra a produção ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de matéria seca e grãos para cada setor com seus respectivos valores de eficiência do uso da água (EUA) para a cultura.

**Tabela 2.** Produção ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de matéria seca e grãos e eficiência de uso da água (EUA) nos diferentes setores

Setor	Produção ( $\text{kg ha}^{-1}$ )		EUA ( $\text{kg m}^{-3}$ )
	Matéria seca ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	Grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	
S1	22787,56	9087,60	3,79
S2	19842,60	9904,43	3,30
S3	30297,36	10041,52	5,04
S4	32843,16	11153,05	5,46
S5	36747,90	13709,42	6,11
S6	37422,00	15161,44	6,22
<b>Média</b>	29988,37	11509,58	4,99

$$^1 \text{EUA} = \frac{\text{Matéria seca (kg ha}^{-1}\text{)}}{\text{Total de água aplicada (m}^3 \text{ ha}^{-1}\text{)}}$$

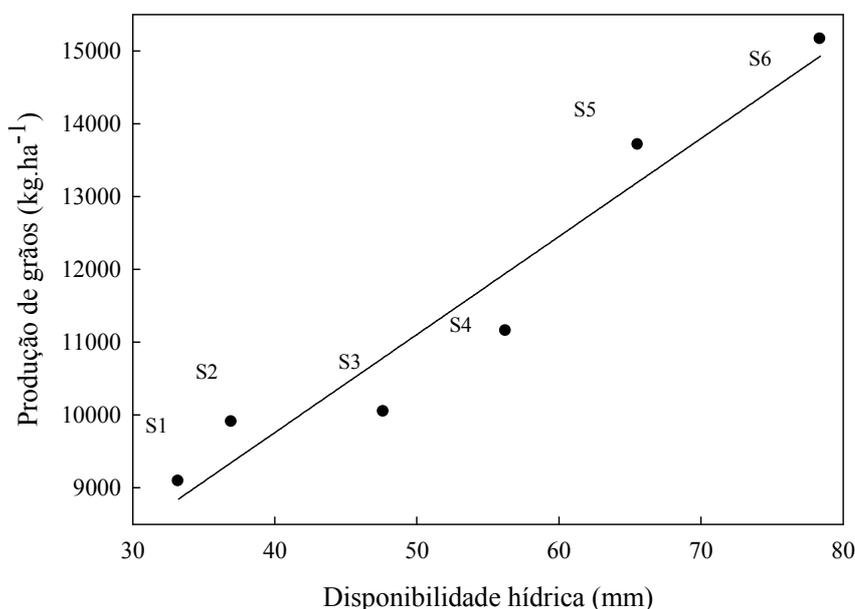
Através da Tabela 2 pode-se observar que os setores que apresentaram os maiores valores de produção de matéria seca e de grãos, foram S6 e S5 com uma produção de grãos de 15.161,44 e 13.709,42  $\text{kg ha}^{-1}$  respectivamente e produção de matéria seca de 37.422,00 e 36.747,90  $\text{kg ha}^{-1}$  respectivamente, em consequência são os setores que mostraram a maior eficiência de uso da água.

Resultados semelhantes foram obtidos por Parizi (2007) que em trabalho com milho sob diferentes estratégias de irrigação no município de Santiago-RS, obteve produção máxima de grãos de 12.847,44  $\text{kg ha}^{-1}$  aos 144 DAE, com eficiência do uso da água de 3,46  $\text{kg m}^{-3}$ . Ainda esta mesma autora observou uma média na eficiência do uso da água entre os diferentes tratamentos de irrigação de 3,29  $\text{kg m}^{-3}$ , observando também que os maiores valores de EUA foram obtidos nos tratamentos que apresentaram maior produção de grãos.

Peiter (1998) estudando a cultivar de milho Pioner 3069 com diferentes estratégias de irrigação observou que as melhores estratégias de irrigação conduziam a valores máximos da eficiência do uso da água, sendo que os resultados médios de EUA variaram entre 1,80  $\text{kg m}^{-3}$

e  $0,85 \text{ kg m}^{-3}$ . E segundo esta mesma autora estes resultados destacam a importância da aplicação da água no momento adequado, pois a relação entre a produção de grãos e água evapotranspirada pode ser duplicada pelo uso de estratégias ótimas de irrigação.

A Figura 4 mostra graficamente a produção de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) em relação ao total de água aplicada (mm) para a cultura.



**Figura 4.** Produção de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) da cultura de milho, com relação à disponibilidade hídrica (mm).

Através da Figura 4 pode-se observar que os setores que apresentaram melhores condições físicas do solo disponibilizaram maiores quantidades de água para as plantas, conseqüentemente estas apresentaram maiores produções.

Estudos desenvolvidos por Petersen (1968) demonstraram que a disponibilidade de água nos solos está intimamente ligada com as suas características físicas, uma vez que, a disponibilidade de água é mínima em solos de textura arenosa, máxima nos solos de textura média com altos teores de silte e intermediária nos de textura mais fina. Solos argilosos costumam ser mais férteis que os arenosos, embora possam apresentar drenagem insuficiente (Zobel et al., 1987).

A partir da Figura 4 pode-se observar uma variação na produção de grãos de 40% entre o setor S1, com menor disponibilidade hídrica apresentando uma produção de  $9.087,6 \text{ kg ha}^{-1}$ , e o setor S6, com a maior disponibilidade hídrica e uma produção de  $15.161,4 \text{ kg ha}^{-1}$ . Estes resultados foram semelhantes aos encontrados por Li et al. (2005) em um estudo comparativo em uma mesma área, sem irrigação suplementar e com irrigação suplementar na cultura do milho na província da China. Os tratamentos irrigados produziram um aumento na produção de grãos entre 43% e 55%. Farré & Faci (2006) obtiveram uma redução de 82% na produção quando analisando a cultura do milho em sistema irrigado e não irrigado, a produção foi de  $1.082 \text{ g m}^{-2}$  em condições irrigadas e  $195 \text{ g m}^{-2}$  em condições sem suplementação de irrigação, em experimento realizado em Zaragoza, Espanha.

## 6 CONCLUSÕES

De acordo com a metodologia proposta e as condições em que o experimento foi desenvolvido pode-se concluir que:

É indispensável a análise da variabilidade das propriedades físico-hídricas do solo para a determinação da lâmina de água mais adequada a ser aplicada, procedimento este que pode contribuir para a maximização da produtividade e da eficiência de uso da água.

Uma vez que o solo da área apresentou variabilidade espacial da disponibilidade hídrica, o manejo de irrigação com diferentes taxas de aplicação passa a ser uma prática necessária para fornecer água na quantidade correta nos distintos setores e, com isto buscar-se uma maior eficiência na utilização dos recursos naturais como a água e o solo.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGUS, F. J.; HASEGAVA, S.; HSIAO, T. C.; LIBOON, S. P.; ZANSTRA, H.C. The water balance of post-monsoonal dryland crops. **Journal Agricultural Science**, Australia, v. 101, n. 3, p. 699 – 710, 1983.

ALFONSI, R. A.; BRUNINI, O.; CAMARGO, M. B. P.; PEZZOPANE, J. R. M. Disponibilidade hídrica no solo para a cultura do milho no estado de São Paulo, em função de épocas de semeadura e cultivares. **Bragantia**, Campinas, vol. 57, n. 1, p. 127-133, 1998.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. ETc - single crop coefficient (Kc) In: \_\_\_\_\_. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 2005. 328p.

ALVES, D. R. B.; FRIZZONE, J. A.; DOURADO NETO, D. Repartição da lâmina de irrigação, aplicada via pivô central, na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.1, p.67-70, 2001.

BABALOLA, O. Spatial variability of soil water properties in tropical soils of Nigeria. **Soil Science**, Madison, v. 126, n. 5, p. 269-279, 1978.

BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2006. 625 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

FARRÉ, I.; FACI, J. M. Comparative response of maize (*Zea mays* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) to deficit irrigation in a Mediterranean environment. **Agricultural water management**, Australia, v. 83 n. 1, p. 135 – 143, 2006.

FRIZZONE, J. A.; DOURADO-NETO, D. Avaliação de sistemas de irrigação. In: Miranda, J. H.; Pires, R. C. M. (Org.). **Irrigação**. 1 ed. Jaboticabal-SP: FUNEP, 2003, v. 2, p. 573-651.

HOFFMAN, G.T. ; HOWELL, T. A. ; SOLOMON, K. H. (1990) - **Farm Irrigation Systems**. ASAE monograph, 1990, 1040p.

KING, B.A.; MCCANN, I. R.; EBERLEIN, C. V.; STARK, J. C. Computer control system for spatially varied water and chemical application studies with continuous-move irrigation systems. **Computers and Electronics in Agriculture**, Davis, v.24, n.3, p.177-194. 1999.

LEEPER, R. A.; RUNGE, E. C. A.; WALKER, W. M. Effect of plant available stored soil moisture on corn yields. I. Constant Climatic Conditions. **Agronomy Journal**, Madison, v. 66, n. 6, p. 723 – 727, 1974.

LI, Q. S.; WILLARDSON, L. S.; DENG, W.; LI, X. J.; LIU, C. J. Crop water deficit estimation and irrigation scheduling. **Northeast China Agricultural water management**, Australia, v. 71, n. 1, p. 47–60, 2005.

MCCANN, I.R., KING, B.A., STARK, J.C. Variable water and chemical application for continuous move sprinkler irrigation systems. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, v.13, n.59, p.609-615. 1997.

ORTOLANI, A. A.; CAMARGO, M. B. P. Influência dos fatores climáticos na produção. In: CASTRO, P. C. R.; FERREIRA, S. O.; YAMADA, T. **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. p.71-81.

PARIZI, A. R. C. **Efeito de diferentes estratégias de irrigação sob as culturas de feijão (Phaseolus vulgaris L.) e milho (Zea mays L.) na região de Santiago, RS**. 2007. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

PAVINATO, P. S.; CERETTA, C. A. E.; GIROTTO, C. A. E.; MOREIRA, I. C. L. Nitrogênio e potássio em milho irrigado: análise técnica e econômica da fertilização. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.2, p.358-364, 2008.

PEITER, M. X. Avaliação da viabilidade econômica e do comportamento das culturas de milho e sorgo para silagem sob diferentes níveis de manejo de irrigação. In: 1º SEMINÁRIO DE AVALIAÇÃO - PROGRAMA PROCOREDES, 2005. **Anais...** Porto Alegre. Relatório FAPERGS/Procoredes, 2005, p. 1-17.

PEITER, M. X. **Estudo do manejo de irrigação via modelo de simulação**. 1998. 183 f. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 1998.

PETERSEN, G.W. Moisture characteristics of Pennsylvania soils: I Moisture retention as related to texture. **Soil Science**, Madison, v.32, n. 1. p.271-275, 1968.

QUEIROZ, T. M. de. **Desenvolvimento de um sistema automático para irrigação de precisão em pivô central**. 2007. 142 f. Tese (Doutor em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2007.

RAWITZ, E. HILLEL, D. I. Comparison of indexes relating plant response to soil moisture status. **Agronomy Journal**, Madison, v. 61, n. 2, p. 231 – 235. 1969.

REICHARDT, K. **Dinâmica da matéria e da energia em ecossistemas**. 2.ed. Piracicaba: ESALQ, 1996. 160 p.

REICHARDT, K. **Processos de transferência no sistema solo-planta atmosfera**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 445 p.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; BRAIDA, J.A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Revista Ciência e Ambiente**, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 29 – 48, 2003.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. **Propriedades física do solo**. 2006. Disponível em: <[http://w3.ufsm.br/mrsr/Textos%20download/Apresentacoes%20aulas%20palestras/Propriedades%20fisicas%20do%20solo%20-%20Reichert\\_Reinert.pdf](http://w3.ufsm.br/mrsr/Textos%20download/Apresentacoes%20aulas%20palestras/Propriedades%20fisicas%20do%20solo%20-%20Reichert_Reinert.pdf)>. Acesso em: 12 set. 2008.

SÁ, M.; RAMALHO, M. A. P.; SOUZA SOBRINHO, F. DE. Aspectos morfológicos e fisiológicos de cultivares modernas e antigas de milho. **Revista Ciência e Agrociência**, Pelotas, v. 26, n. 5, p. 1082 – 1091, 2002.

SADLER, E.J.; EVANS, R.G.; BUCHLEITER, G.W.; KING, B.A.; CAMP, C.R. Design considerations for site-specific irrigation. NATIONAL IRRIGATION SYMPOSIUM, 4, 2000, Phoenix. **Proceedings ...**, San Joseph, American Society of Agricultural Engineers, 2000. p.304- 315.

SANTOS, A.O.; MAZIERO, J.V.G.; CAVALLI, A.C.; VALERIANO, M.M.; OLIVEIRA H. DE; MORAES, J.F.L.; YANAI, K. Monitoramento localizado da produtividade de milho cultivado sob irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.1, p.88-95, 2001.

SOARES NETO, J.P. **Caracterização hídrica de três latossolos e três neossolos quartzarênicos dos cerrados do oeste da Bahia**. Disponível em: <[http://www.seia.ba.gov.br/SGDIA/transarq/arquivos/Projetos%20Base%20Cerrado/Projetos%20Apoiados%20pela%20Base%20Cerrado/Download/PROJ\\_RETEN%C3%87AO\\_AGUA\\_PROF\\_JOAQUIM.pdf](http://www.seia.ba.gov.br/SGDIA/transarq/arquivos/Projetos%20Base%20Cerrado/Projetos%20Apoiados%20pela%20Base%20Cerrado/Download/PROJ_RETEN%C3%87AO_AGUA_PROF_JOAQUIM.pdf)>. Acesso em: 18 set. 2008.

SOARES NETO, J.P. **Avaliação dos limites de consistência, curvas de compactação, resistência a penetração, porosidade, condutividade hidráulica saturada e retenção, armazenamento e disponibilidade de água de solos coesos de tabuleiros costeiros do estado da Bahia**. 1999. 62 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Estadual da Bahia, Bahia, 1999.

STICKLER, F.C.; WERDEN, S.; PAULI, A.W. Leaf area determination in grain sorghum. **Agronomy Journal**, Madison, v.53, n. 1, p.197-188, 1961.

TORMENA, C.A.; SILVA, A.P. DA; GONÇALVES, A.C.A.; FOLEGATTI, M.V. Intervalo ótimo de potencial da água no solo: um conceito para avaliação da qualidade física do solo e

manejo da água na agricultura irrigada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande. v.3, n.3, p.286-292, 1999.

VILELA, L.A.A. **Metodologia para dimensionamento de um sistema de pulverização acoplável a pivô central**. 2002. 127 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

XAVIER, A.C.; COELHO, R.D.; LOURENÇO, L.F.; MACHADO, R.E. Manejo da irrigação em pastagem irrigada por pivô central. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.8, n.2/3, p.233-9, 2004.

ZOBEL, B.J.; Van WYK, G.; STAHL, P. **Growing exotic forest**. New York: John Willey & Sons. 1987. 508p.