

EFICIÊNCIA DE USO DA IRRIGAÇÃO PARA RENDIMENTO DE GRÃOS E MATÉRIA SECA DE MILHO¹

João Ito BERGONCI¹, Homero BERGAMASCH², Antonio Odair SANTOS³, Solange FRANÇA⁴, Bernadete RADIN⁴

RESUMO

O objetivo principal deste trabalho foi avaliar a eficiência de uso da irrigação, bem como o efeito do déficit hídrico, sobre o rendimento de grãos e o acúmulo de matéria seca aérea de uma cultura de milho. Utilizando um delineamento experimental em faixas com aspersores em linha, foram aplicados diferentes níveis de irrigação, da capacidade de campo à ausência de irrigação. Os rendimentos de grãos foram crescentes com aumentos no nível de irrigação até 80% da dose necessária para a capacidade de campo, acima da qual estabilizaram. Porém, a máxima eficiência de uso da irrigação para rendimento de grãos foi obtida com suplementação hídrica entre 60 e 80% da dose para capacidade de campo. A máxima eficiência de uso da irrigação para rendimento de grãos também esteve associada a déficits hídricos durante o período crítico da cultura, envolvendo pendoamento e espigamento, tendo alcançado $0,04 \text{ t ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$. Por outro lado, a maior eficiência de uso da irrigação para produção de matéria seca aérea foi obtida com déficits hídricos prolongados durante o período de crescimento exponencial da cultura.

Palavras-chave: déficit hídrico; irrigação; *Zea mays*.

INTRODUÇÃO

O planejamento eficiente da irrigação, de acordo com as necessidades da planta, leva a uma economia de água e aumenta o rendimento e a qualidade de produtos, principalmente em culturas sensíveis ao déficit hídrico. A deficiência de água para as plantas é o resultado tanto da redução do potencial da água no solo, o qual ocorre progressivamente ao longo de vários dias, como da

¹ Prof. Adjunto, Dr., Depart. de Botânica da UFRGS. Rua Paulo Gama, S/N. CEP 90043-900, Porto Alegre, Brasil. Email: itober@botanica.ufrgs.br.

² Prof. Adjunto, Dr., Faculdade de Agronomia / UFRGS. Caixa Postal, 776. CEP 91501-970, Porto Alegre, Brasil. Email: homerobe@vortex.ufrgs.br. Bolsista do CNPq.

³ Dr., Pesquisador da Seção de Climatologia Agrícola do Instituto Agrônomo de Campinas, C.P. 28. CEP 13001-970, Campinas, SP.

⁴ Eng. Agrônoma, M.Sc., doutoranda em Fitotecnia/Agrometeorologia na UFRGS. C. P. 776. CEP 91501-970, Porto Alegre, Brasil.

flutuação na taxa de evapotranspiração que decorre da variação diária da demanda evaporativa da atmosfera.

Entre as culturas de interesse para o Estado do Rio Grande do Sul, destaca-se o milho, cuja demanda é crescente devido principalmente à expansão de atividades ligadas à criação de animais. É uma cultura cujo rendimento apresenta alta variabilidade, devido à ocorrência de déficits hídricos, causados pelas variações da precipitação pluvial. Uma vez que o milho se caracteriza por apresentar um período crítico definido, muitos trabalhos foram feitos no sentido de explicar o que realmente ocorre no intervalo compreendido entre a pré-floração e o enchimento de grãos. Assim, Guei & Wasson (1992) constataram que as datas de florescimento masculino e feminino, bem como o intervalo antese-emissão dos estigmas são influenciados por estresse de água e temperatura. Deste modo, o intervalo da emergência do pendão até o aparecimento dos estigmas aumenta de 3 a 4 dias com déficit hídrico, fazendo com que, devido à falta de polinização, se desenvolvam espigas estéreis ou com poucos grãos (Herrero & Johnson, 1981).

A produção potencial de uma cultura é determinada pelo número de grãos que podem ser formados. O déficit hídrico afeta este número através da infertilidade e aborto floral e zigótico (Westgate & Boyer, 1986). Gordon et al. (1995) observaram que, dependendo da etapa fenológica em que é efetuada a irrigação, a eficiência da mesma varia, sendo que a maior eficiência é obtida quando a mesma for aplicada no pendoamento.

O acúmulo de matéria seca vegetal é o resultado do mecanismo fotossintético o qual incorpora matéria orgânica na planta. Assim sendo, todo e qualquer fator que interfira na fotossíntese, irá afetar o acúmulo de matéria seca. Fatores como nutrição mineral, radiação e disponibilidade hídrica, interferem significativamente na fotossíntese. Dentre estes, a disponibilidade de água desempenha papel preponderante, pois, além de propiciar a entrada de CO₂ promove o resfriamento do vegetal, interferindo desta forma na taxa de fotossíntese e respiração.

Objetivou-se no presente trabalho avaliar a eficiência do uso da irrigação a campo, em diferentes anos agrícolas, quando a ocorrência de déficit hídrico se deu em etapas fenológicas diferentes em milho.

MATERIAL E MÉTODOS

Um conjunto de experimentos foi realizado a campo nos anos agrícolas de 1993/94 a 1996/97, na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), situada no município de Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul (30° 06'S, 51° 39'W, altitude 40 m).

O delineamento experimental foi em faixas, em um sistema de aspersão em linha, com cinco repetições, considerando que o mesmo não permite casualização para o fator água (Hanks et al., 1980). A área ocupada pelo experimento era de 5400 m² com dimensões de 90 x 60 m, no centro da qual está instalado um lisímetro de pesagem 5,1 m² e resolução de 0,1mm. Cada bloco era constituído por parcelas de 16 m de comprimento por 3 m de largura, comportando, desta forma, quatro fileiras de milho. Em 1993/94, os tratamentos aplicados foram: I4 com dose de rega 50% superior a I3; I3 com solo mantido próximo à capacidade de campo, monitorado através de tensiômetros e lisímetro, sendo a irrigação efetuada quando os tensiômetros instalados a 45 cm de profundidade registravam potencial matricial de -0,05 MPa; I2 com dose de rega de 77% em relação a I3; I1 com dose de rega de 50% em relação a I3 e I0 sem irrigação. Em 1994/95, no tratamento I4 o solo foi mantido próximo à capacidade de campo, conforme critério adotado no ano anterior. O tratamento I3 , I2, I1, tiveram dose de rega de 75%, 47% e 28% em relação a I4 respectivamente e I0 sem irrigação. Em 1995/96 e 1996/97, o tratamento I4 foi mantido com solo próximo à capacidade de campo conforme critério utilizado em 1993/94; I3 , I2 e I1, tiveram dose de rega de 98%, 80% e 26% em relação a I4 respectivamente e I0 sem irrigação. O sistema de irrigação utilizado foi por aspersão em linha, constituído de 12 aspersores colocados na direção longitudinal (leste-oeste) a 3 m de altura e com espaçamento de 6 m entre os mesmos.

O rendimento de grãos foi determinado em uma área útil de 15m², correspondendo às duas linhas centrais de cada parcela, sendo corrigido para 13%. A matéria seca foi determinada através da coleta de quatro plantas por repetição, as quais foram cortadas junto ao solo. Foram separados folhas, caules, pendões e espiga e levados à estufa ventilada a 65⁰C até peso constante.

A eficiência no uso da irrigação foi calculada de acordo com a equação (Gordon et al., 1995):

$$EFUIRR = RIRR - RNIRR / AIRR$$

sendo EFUIRR a eficiência no uso da irrigação (t ha⁻¹ mm⁻¹), RIRR e RNIRR o rendimento do tratamento irrigado e não irrigado respectivamente (t ha⁻¹) e AIRR a quantidade de água aplicada desde a emergência até a maturidade fisiológica (mm). Para o cálculo da eficiência no uso da irrigação para matéria seca, utilizou-se a mesma equação, sendo o rendimento substituído pela matéria seca aérea total.

Por pesagem do lisímetro, antes e depois de cada rega, foi controlada a dose de rega no tratamento irrigado (capacidade de campo). A umidade no solo foi monitorada através de tensiômetros de coluna de mercúrio, em diferentes profundidades. A precipitação pluvial foi medida em pluviômetro instalado em estação meteorológica a 30 metros da área experimental.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A precipitação pluvial ocorrida, bem como a média da série climática 1970-1989, estão representadas na Figura 1. É possível observar que o ano agrícola 1993/94 teve o primeiro decêndio de janeiro com precipitação abaixo da média climática e o segundo sem precipitação. Da mesma forma, o ano de 1996/97, teve o segundo decêndio de janeiro com precipitação abaixo da média climática. No ano de 1993/94 a cultura atingiu 50% do pendoamento em torno do dia 6 de janeiro e em 1994/95 este ocorreu em torno do dia 13 do mesmo mês. Com base nestes resultados observa-se que um déficit hídrico acentuado ocorreu no período crítico da cultura nos anos de 1993/94 e 1996/97. No ano agrícola de 1994/95, o déficit hídrico ocorreu com alguma intensidade no segundo decêndio de dezembro, enquanto no ano de 1995/96 isto se deu no terceiro decêndio de dezembro e primeiro de janeiro quando a cultura ainda estava no estado vegetativo .

Na Tabela 1 são apresentados os dados de rendimento de grãos e matéria seca total, onde se observa que a diferença de rendimento entre os tratamentos irrigado e não irrigado nos anos agrícolas de 1993/94 e 1996/97 foi acentuada, ou seja de 63,3 e 62,2% respectivamente. Já nos anos de 1994/95 e 1995/96 as diferenças foram pequenas, isto é, de 7,2 e 14,8 respectivamente. Estes resultados podem ser explicados pelo fato de que nos anos de 1993/94 e 1996/97, o déficit hídrico ocorreu no período crítico da cultura, enquanto que nos anos de 1994/95 e 1995/96, o déficit ocorreu de maneira acentuada apenas no período vegetativo (Figura 1). Cabelguene et al. (1995), observaram resultados semelhantes, quando os maiores rendimentos foram obtidos com irrigações efetuadas durante o florescimento. Em 1994/95 o rendimento no tratamento irrigado foi limitado devido à população de plantas, a qual foi reduzida por ventos fortes.

A eficiência no uso da irrigação é apresentada nas Figuras 2 e 3, onde se observa que as maiores eficiências para rendimento de grãos ocorreram nos anos 1993/94 e 1996/97, coincidindo com os períodos em que ocorreram déficits no período reprodutivo (Figura 1). Esta menor eficiência, pode ser explicada pelo menor número de grãos por espiga e por metro quadrado (Tabela 2). Resultados semelhantes foram obtidos por Gordon et al. (1995) e Eck (1986) em milho e por Allen & Music (1993) com sorgo. Jama & Ottman (1993) obtiveram maior eficiência no uso da irrigação quando a mesma foi aplicada na antese. Da mesma forma, a maior eficiência no uso da irrigação para matéria seca ocorreu no ano agrícola de 1993/94, período em que o déficit hídrico foi mais prolongado e acentuado. Por outro lado, a menor ocorreu no ano agrícola de 1994/95, ano em que o déficit hídrico foi pouco severo (Figura 1).

Tabela 1- Matéria seca total aérea e rendimento de grãos em milho irrigado e não irrigado e percentagem de redução da matéria seca e rendimento em não irrigado nos anos agrícolas de 1993/94 a 1996/97 em Eldorado do Sul, RS.

Ano agrícola	Matéria seca total (Kg ha ⁻¹)			Rendimento (Kg ha ⁻¹)		
	Irrigado	Não irrigado	Redução (%)	Irrigado	Não irrigado	Redução(%)
1993/94	26516	14209	46,30	11950	4384	63,30
1994/95	22201	16745	24,57	7444	6905	7,20
1995/96	27838	17043	38,77	10496	8945	14,80
1996/97	24223	15501	36,00	10002	3773	62,20

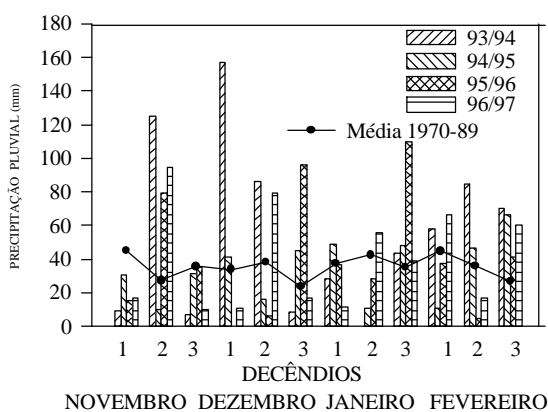


Figura 1- Precipitação pluvial durante os períodos experimentais e média dos anos 1970-1989. Eldorado do Sul, RS.

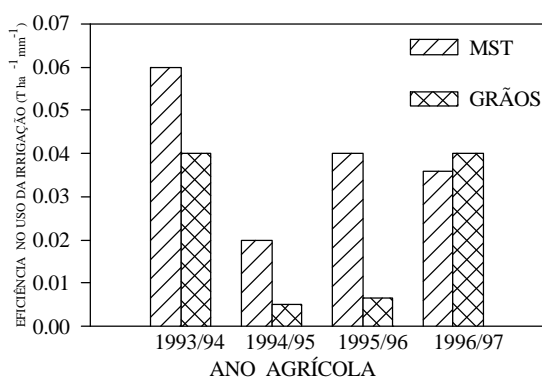


Figura 2- Eficiência no uso da irrigação para a produção de matéria seca aérea total (MST) e rendimento (GRÃOS) nos anos agrícolas de 1993/94-1996/97.

Nos anos agrícolas de 1994/95 e 1995/96, a eficiência no uso da irrigação apresentou valores baixos, uma vez que o déficit ocorreu apenas no período vegetativo (Figura 1), não afetando significativamente o número de grãos por espiga e por metro quadrado (Tabela 2). Contudo, nestes dois anos a eficiência no uso da irrigação para matéria seca foi elevada, pois o déficit ocorreu, principalmente, no período de crescimento exponencial.

Na Figura 3 são apresentados os resultados de eficiência no uso da irrigação dos anos agrícolas de 1993/94 e 1996/97, quando o déficit hídrico ocorreu no período crítico. A partir dos dados observados, pode-se verificar que a maior eficiência foi obtida com níveis de irrigação em torno de 80% da capacidade de campo. Entretanto, pelo ajuste matemático, a eficiência no uso da irrigação é máxima com dose de rega entre 60 e 80% daquela necessária para elevar a umidade do solo a capacidade de campo. De acordo com o modelo obtido, a estabilização ($dy/dx=0$), para

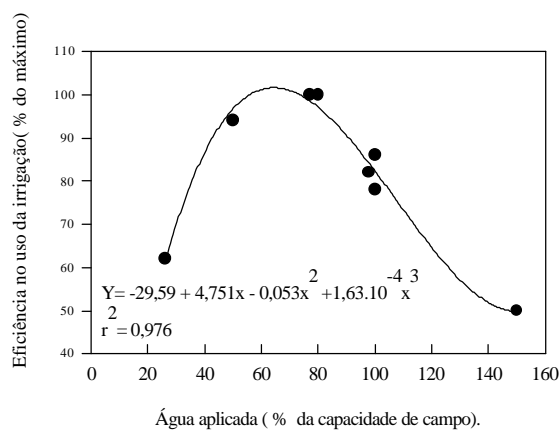


Figura 3- Eficiência no uso da irrigação (percentagem do máximo) em milho para o rendimento de grãos nos anos agrícolas de 1993/94 e 1996/97.

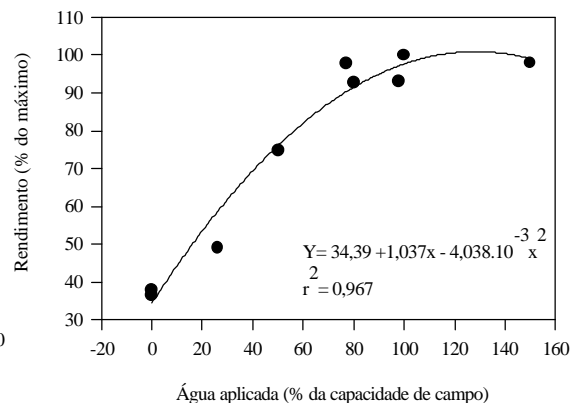


Figura 4- Rendimento de grãos de milho (percentagem do máximo) para diferentes lâminas de irrigação nos anos agrícolas de 1993/94 e 1996/97.

Tabela 2- Número de grãos por espiga e por metro quadrado, peso da matéria seca de 100 grãos (g) e número de plantas e espigas por metro quadrado nos anos agrícolas de 1993/94 a 1996/97. Eldorado do Sul, RS.

Ano	Grãos espiga ⁻¹	Grãos m ⁻²	Peso de 100 grãos	Plantas m ⁻²	Espigas m ⁻²
Não irrigado					
1993/94	198,98b	1139,74c	38,13a	6,52a	5,65a
1994/95	428,76a	1812,68b	32,20b	4,33b	4,41b
1995/96	365,53a	2339,31 ^a	36,41a	6,45a	6,30a
1996/97	233,90b	959,00c	34,97ab	6,90a	4,00b
Irigado					
1993/94	426,38b	2762,24 ^a	39,52a	6,56a	6,72a
1994/95	510,90a	2033,54b	32,45b	3,98b	4,10b
1995/96	458,80ab	2844,56 ^a	34,01b	6,41a	6,21a
1996/97	507,00ab	2889,90 ^a	33,50b	6,60a	5,65a

Médias seguidas por letras diferentes nas colunas e no mesmo tratamento diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

máxima eficiência, corresponde a 62% da lâmina para capacidade de campo. Nas doses mais elevadas, embora com rendimento mais elevado, há decréscimo da eficiência no uso da irrigação, sendo a mínima estimada pelo modelo de 150% em relação àquela correspondente à capacidade de campo. Na Figura 4 está representado o rendimento (como percentagem do máximo) em função da quantidade de água aplicada, onde é possível observar que o rendimento tem alta resposta à irrigação. A função ajustada mostra estabilização ($dy/dx=0$) com 128% de água aplicada em relação à capacidade de campo, mas os resultados mostram que a resposta é pequena ou nula acima de 80%. Portanto, uma redução de 20 a 25% da dose de irrigação, em relação àquela necessária para elevar a umidade do solo à capacidade de campo, não reduz significativamente o rendimento, conforme evidenciado na Figura 4.

CONCLUSÕES

1- O déficit hídrico que ocorre no período vegetativo pouco interfere no rendimento, pois, não afeta significativamente o número de grãos por espiga.

2- A maior eficiência no uso da irrigação para rendimento verifica-se quando o déficit hídrico ocorre durante o pendoamento e para matéria seca aérea total quando o mesmo ocorre no período de crescimento exponencial.

3- Rendimentos elevados acompanhados da maior eficiência no uso da irrigação ocorrem com níveis de irrigação em torno de 80% da capacidade de campo.

4- Lâminas de irrigação acima de 85% da capacidade de campo não aumentam significativamente as respostas de rendimento, nas condições em que os experimentos foram realizados reduzindo a eficiência de uso da irrigação.

LITERATURA CITADA

ALLEN, R.R.; MUSICK, J.T. Planting date, water management, and maturity length relations for irrigated grain sorghum. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.36, p.1123-1129, 1993.

CABELGUENNE, C.A.; WILLIAMS, J.R. Strategies for limited irrigations of maize in southwestern France – A modeling approach. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.38, n.2, p.507-511, 1995.

ECK, H.V. Effects of water deficit on yield components, and water use efficiency of irrigated corn. **Agronomy Journal**, Madison, v, 78, n.6, p.1035-1040, 1986.

GORDON, W.B.; RANEY, R.J.; STONE, L.R. Irrigation management practices for corn production in north central Kansas. **Journal of Soil and Water Conservation**, v.50, n.4, p.395-398. 1995.

GUEI, R.G.; WASSON, C.E. Inheritance of some drought adaptive traits in maize: i. interrelationships between yield, flowering, and ears per plant. **Maydica**, Bergamo, v. 37, p.157-164, 1992.

HANKS, R.J.; SISSON, D.V.; HURTS, R.L.; HUBBARD, K.G. Statistical analysis of results from irrigation experiments using the line-source sprinkler system. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.44, n.4, p.886-888. 1980

HERRERO, M.P.; JOHNSON, R.R. Drought stress and its effects on maize reproductive systems. **Crop Science**, Madison, v. 21, n.1, p.105-110, 1981.

JAMA, A.O.; OTTMAN, M.J. Timing of the first irrigation in corn and water stress conditioning. **Agronomy Journal**, Madison, v.85, n.6, p.1159-1164, 1993.