

MANEJO DE IRRIGAÇÃO DO TRIGO PARA OBTENÇÃO DE MÁXIMA PRODUTIVIDADE NA REGIÃO DOS CERRADOS¹

ANTONIO FERNANDO GUERRA²

RESUMO - O objetivo deste estudo foi testar o efeito de seis níveis de tensão de água no solo (41, 51, 69, 185, 562, 993 kPa), medida a 10 cm de profundidade, no momento das irrigações, sobre o rendimento, seus componentes e a qualidade dos grãos de trigo (cv. BR-12 Aruanã). Os resultados indicaram um decréscimo do rendimento de grãos com o aumento das tensões de água no solo. O maior rendimento médio (6.952 kg/ha) foi obtido com o menor valor de tensão de água no solo (41 kPa). Os componentes de produção que determinaram a redução de rendimento foram o número de espigas por m², número de espiguetas por espiga e número de grãos por espiga; não houve diferença significativa quanto ao peso de 1.000-grãos e ao peso por hectolitro. Esses resultados indicam que as plantas definem seu desenvolvimento e produtividade em função do nível de tensão de água no solo, buscando manter a qualidade de grãos. Para a obtenção de máxima produtividade da cultura de trigo, as irrigações devem ser feitas sempre que a tensão de água no solo, medida a 10 cm de profundidade, atingir valores em torno de 40 kPa.

Termos para indexação: tensão de água no solo, tensiômetros, blocos de gesso.

IRRIGATION SCHEDULING ON WHEAT FOR MAXIMUM YIELD IN THE CERRADO REGION

ABSTRACT - The response of wheat (*Triticum aestivum* L.) to six levels of soil-water tension was studied under field conditions in a Dark-Red Latosol of the Brazilian Savannah Region. The crop was irrigated when the soil-water tension measured with tensiometers or gypsum blocks reached values of 41, 51, 69, 185, 562 and 993 kPa at a depth of 10 cm throughout the crop cycle. The water was applied to the crop by using a plastic hose connected to a PVC perforated tube to assure uniform water distribution on the experimental plots. The results indicate a reduction in grain yield with the increase in soil-water tension. The highest yield (6.952 kg/ha) was obtained with the lowest soil-water tension (41 kPa). The yield components that caused reduction in yield were the number of spikes per square meter, number of spikelets per spike and number of grains per spike. No significant difference was observed for 1.000-grain weight and hectoliter-grain weight. The results indicate that plants define their development and yield as a function of soil-water tension to maintain grain quality.

Index terms: soil-water tension, tensiometers, gypsum blocks.

INTRODUÇÃO

A irrigação é o principal fator que determina a produção agrícola, na região dos cerrados, durante o período de maio a setembro. Isso porque, nesse período, além da alta incidência de radiação solar e

da baixa umidade relativa do ar, que determinam uma grande demanda evapotranspirométrica, ocorre apenas uma parcela irrisória da precipitação anual (100 a 150 mm), a qual não é suficiente para suprir as necessidades hídricas das culturas (Guerra et al., 1994). Além disso, os latossolos presentes nessa região possuem uma retenção de água muito baixa, o que implica a necessidade de irrigações frequentes para manter a umidade do solo em níveis adequados ao desenvolvimento das plantas.

¹ Aceito para publicação em 2 de fevereiro de 1995.

² Eng. Agríc., M.S., Ph.D. em Engenharia de Irrigação. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC) Caixa Postal 08233, CEP 73301-970 Planaltina, DF.

Atualmente, os sistemas produtivos irrigados da região dos cerrados só contam com a cultura do trigo como gramínea de inverno para o cultivo durante o período seco. Embora já existam recomendações técnicas para a produção desse cereal (Silva et al., 1993), a expansão dessa cultura tem sido muito lenta, devido, principalmente, à maior lucratividade da cultura de feijão, realizada no mesmo período.

Os cultivos sucessivos de leguminosas têm contribuído para o aumento de fungos patogênicos de solo ou do sistema radicular, como a esclerotínea, a fusariose e a rizoctoniose, as quais diminuem o potencial produtivo das áreas irrigadas (Curl, 1963; Ruppel et al., 1988). Nesse contexto, a cultura de trigo, que não é hospedeira desses fungos, torna-se imprescindível para garantir a rotação de culturas nos sistemas produtivos irrigados.

Em relação ao manejo de irrigação, Espinosa et al. (1980), mesmo não trabalhando com as variedades de trigo atualmente recomendadas, verificaram que as máximas produtividades foram obtidas nos tratamentos irrigados a menores tensões.

Guerra et al. (1987) e Guerra et al. (1994) demonstraram que a medição da tensão de água no solo com tensiômetros é um método viável para o monitoramento das aplicações de água ao longo do ciclo da cultura do trigo. Nas condições em que os experimentos foram realizados, para se obter uma produtividade em torno de 5.000 kg/ha, a cultura de trigo necessitou ser irrigada quando a tensão de água no solo, medida a 10 cm de profundidade, atingia valores em torno de 60 kPa (Guerra et al., 1994). Maiores produtividades foram obtidas com o trigo irrigado usando-se o mesmo nível de tensão e melhorando as condições de fertilidade do solo (Azevedo et al., 1992). Isso demonstra que a produtividade do trigo pode ser bem superior aos valores normalmente obtidos.

Embora estudos anteriores tenham sido criteriosamente conduzidos, em nenhum deles se teve o cuidado de maximizar todos os fatores de produção para obtenção da máxima produtividade do trigo. Além disso, considerando-se que a função que descreve a produtividade em relação ao consumo de água de uma cultura é linear (Hillel & Guron, 1973; Espinosa et al., 1980), espera-se que para obtenção da máxima produtividade do trigo deva-se irrigar a tensões de água no solo inferiores a 60 kPa.

Assim, o objetivo desse estudo foi testar o efeito de diferentes níveis de tensão de água no solo, sobre a produtividade e os componentes de produção do trigo, cultivado em solo corrigido e com alta fertilidade, visando estabelecer o manejo de irrigação desse cereal para obtenção de máxima produtividade.

MATERIAL E MÉTODOS

Esse estudo foi conduzido no campo experimental do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), localizado em Planaltina, DF (Lat. 15° 36' S, Long. 47° 42' W e altitude de 1.014 m). O solo da área experimental foi classificado como um Latossolo Vermelho-Escuro fase argilosa, cujas características físicas e químicas estão apresentadas nas Tabelas 1 e 2, respectivamente. A curva de retenção de água do solo é a mesma apresentada por Guerra et al. (1994).

Os tratamentos pré-estabelecidos foram diferentes níveis de tensão de água no solo: 33, 50, 70, 100, 500 e 1.000 kPa. Tensiômetros e blocos de gesso foram instalados em cada tratamento nas profundidades de 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100 e 120 cm. Os tensiômetros foram usados para monitorar o momento das aplicações de água nos tratamentos de 33 a 70 kPa e os blocos de gesso nos trata-

TABELA 1. Características físicas do Latossolo Vermelho-Escuro presente na área experimental.

Prof. do solo (cm)	Areia		Silte (%)	Argila (%)	Densidade	
	grossa (%)	fina (%)			Específica Aparente (g/cm ³)	
	0 - 10	12,0	33,5	27,5	27,0	2,77
10 - 20	11,5	34,8	29,0	24,2	2,70	1,16
20 - 30	11,5	32,7	27,3	28,2	2,80	1,18
30 - 40	11,2	33,3	27,7	28,3	2,77	1,11
40 - 50	11,5	28,5	17,2	44,2	2,80	1,09
50 - 60	11,5	28,8	17,0	43,8	2,80	1,09

TABELA 2. Propriedades químicas do Latossolo Vermelho-Escuro presente na área experimental.

Prof. do solo (cm)	pH	Al (meg/100g)	Ca (meg/100g)	P (ppm)	K (ppm)	MO (%)
	0 - 10	6,2	0,00	4,87	18,1	123
10 - 20	6,2	0,00	4,91	9,5	72	2,71
20 - 30	6,4	0,01	3,98	1,9	25	2,12
30 - 40	6,4	0,02	3,66	0,8	23	2,11
40 - 50	5,8	0,03	2,20	0,6	20	1,95
50 - 60	5,6	0,14	1,33	0,6	15	1,70

mentos de 100 a 1.000 kPa. A calibração dos blocos de gesso para o solo da área experimental, foi feita pelo método de Kelley (1944), e a curva está apresentada na Fig. 1. Os valores de tensão de água no solo medidos a 10 cm de profundidade foram usados para indicar o momento das irrigações em cada tratamento, desde a emergência até a fase de grãos em estado de massa dura.

A quantidade de água necessária em cada irrigação foi calculada para repor a água consumida no perfil de solo de 1 m de profundidade até a capacidade de campo (6 kPa). A água foi aplicada na cultura com uma mangueira de plástico conectada a um tubo de PVC perfurado, para permitir uma distribuição de água uniforme nas parcelas experimentais.

A variedade de trigo utilizada foi a BR-12 Aruanã. O experimento constituiu-se de 24 parcelas experimentais com área individual de 11 m². A semeadura foi feita no dia 12 de maio, manualmente, em linhas espaçadas de 20 cm, usando-se 450 sementes aptas por m². O delineamento experimental utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados, com seis níveis de tensão de água no solo, em quatro repetições.

Durante o período chuvoso anterior, foram cultivadas e incorporadas ao solo mucuna-preta e crotalaria como adubações verdes, buscando deixar o solo em condições apropriadas para obtenção da máxima produtividade.

A adubação de correção e manutenção foi feita com base na análise química do solo (Tabela 2), distribuindo-se manualmente a lanço, em quadrículas de 5 por 5 m, as

seguintes doses de fertilizantes: a) 120 kg/ha de P₂O₅ na forma de superfosfato triplo; b) 100 kg/ha de K₂O na forma de cloreto de potássio; c) 85 kg/ha de MgO na forma de sulfato de magnésio visando a correção da relação Ca:Mg de 8,2:1 para 6:1; d) 40 kg/ha de FTE BR-12 para adicionar micronutrientes. Silva & Andrade (1985) indicam que o FTE BR-12 contém 9,2% de Zn, 3,7% de Fe, 3,4% de Mn, 2,2% de B, 0,8% de Cu e 0,1% de Mo.

Após a aplicação dos fertilizantes, foi feita uma aração profunda para incorporar e misturar os adubos com o solo, e em seguida uma gradagem niveladora para deixar a superfície do solo em condições adequadas ao plantio.

Foram ainda aplicados 140 kg/ha de N na forma de uréia, sendo que 70 kg/ha foram aplicados logo após a emergência, e 70 kg/ha no início do perfilhamento. Após as adubações com N, foi aplicada uma lâmina de água de 5 mm, em todos os tratamentos, para dissolver e incorporar a uréia ao solo.

A altura de plantas foi determinada após o florescimento completo do trigo, fazendo-se as medições em cinco pontos de cada parcela experimental.

O número de espigas por m² foi obtido pela contagem de todas as espigas da parcela útil, e o número de espiguetas por espiga e grãos por espiga, a partir de amostragens aleatórias de 20 espigas por parcela.

Após a colheita, o peso de 1.000 grãos foi determinado em dez amostras de cada parcela experimental, e o peso por hectolitro, em quatro amostras.

O teor de proteína dos grãos foi determinado pela multiplicação da quantidade de N total medida nos grãos pelo fator 6,25.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As tensões médias de água no solo registradas a 10 cm de profundidade no momento das irrigações ao longo do ciclo da cultura resultaram em 41, 51, 69, 185, 562 e 993 kPa (Tabela 3). Verifica-se, na Fig. 2, que o rendimento de grãos variou de forma potencial com a tensão de água no solo. O máximo rendimento foi obtido com o menor nível de tensão de água no solo, o que indica a sensibilidade do trigo à condição de umidade do solo. Resultados semelhantes também foram encontrados por Espinosa et al. (1980), Freitas et al. (1988) e Azevedo et al. (1992). Os componentes de rendimento que determinaram a queda de produtividade nos tratamentos irrigados a maiores tensões, foram o número de espigas por m², número de espiguetas por espiga e número de grãos por espiga, conforme pode ser vis-

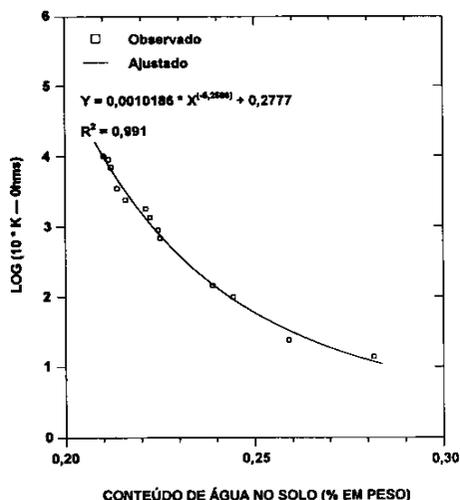


FIG. 1. Curva de calibração dos blocos de gesso para o solo da área experimental.

TABELA 3. Peso por hectolitro, peso de 1000-grãos e percentagem de proteína do trigo (cv. BR-12 Aruanã) em função de diferentes níveis de tensão de água no solo.

Tensão de água no solo (kPa)	Peso por hectolitro (g)	Peso de 1000-grãos (g)	Proteína (%)
41	82,1 a*	42,9 a	15,8 a
51	81,5 a	43,6 a	15,9 a
69	81,7 a	44,7 a	15,9 a
185	81,8 a	44,5 a	15,8 a
562	81,3 a	44,1 a	16,2 a
993	82,1 a	44,5 a	16,7 a
c. v. (%)	0,7	2,7	2,4

* Valores seguidos de mesma letra não diferiram pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

to nas Fig. 3, 4 e 5 respectivamente. Freitas et al. (1988) também observaram que a redução da umidade do solo causou um decréscimo acentuado do número de espigas por m², número de espiguetas por espiga e número de grãos por espiga. Segundo Freitas et al. (1988), o número de grãos por espiga foi o componente mais relacionado com a produção final.

Pela Fig. 6, pode-se observar que a altura da planta também foi reduzida com o aumento da tensão de

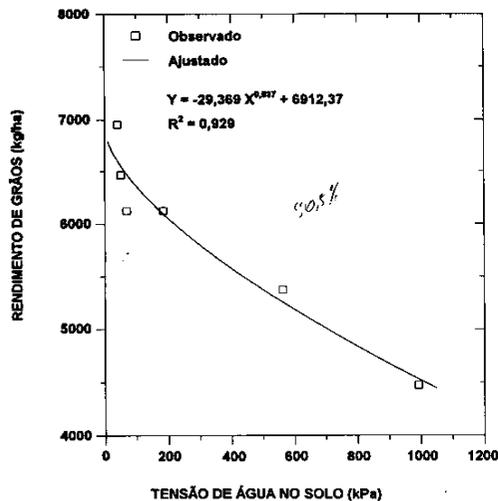


FIG. 2. Rendimento de grãos de trigo (cv. BR-12 Aruanã) em função de diferentes níveis de tensão de água no solo.

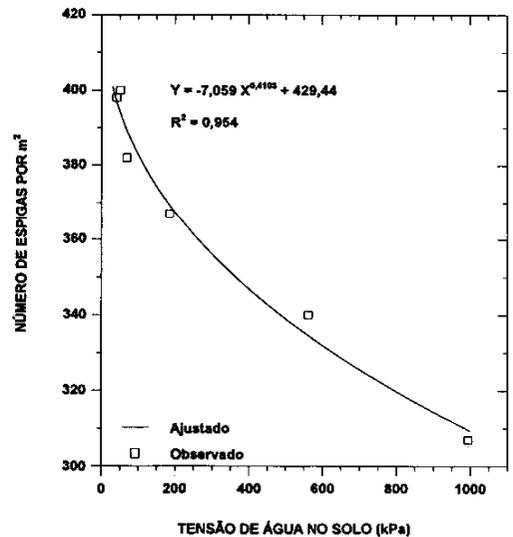


FIG. 3. Número de espigas de trigo por m² (cv. BR-12 Aruanã) em função de diferentes níveis de tensão de água no solo.

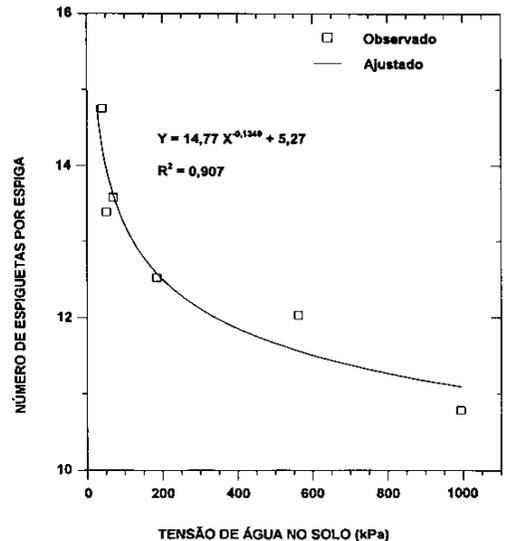


Fig. 4. Número de espiguetas por espiga de trigo (cv. BR-12 Aruanã) em função de diferentes níveis de tensão de água no solo.

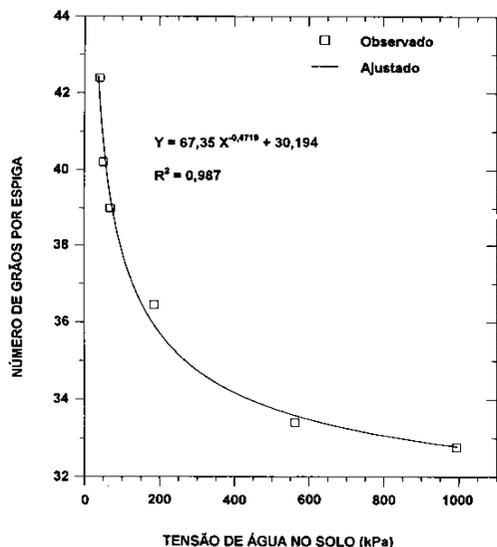


FIG. 5. Número de grãos por espiga de trigo (cv. BR-12 Aruanã) em função de diferentes níveis de tensão de água no solo.

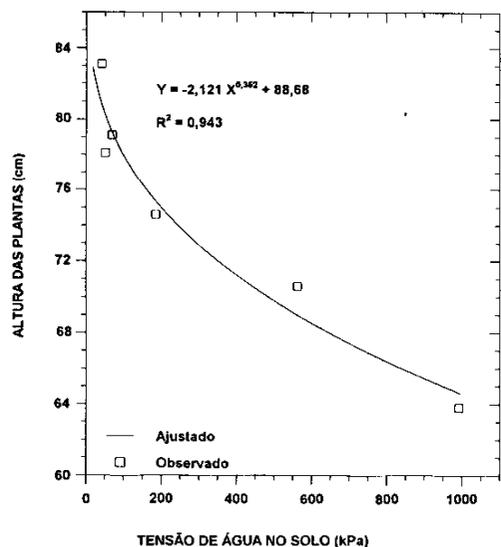


FIG. 6. Altura das plantas de trigo (cv. Br-12 Aruanã) em função de diferentes níveis de tensão de água no solo.

água no solo, o que mostra que o crescimento vegetativo foi afetado pelos tratamentos impostos. Choudhury & Kumar (1980), Singh & Malik (1983) e Guerra et al. (1994) também verificaram reduções significativas da altura das plantas de trigo quando irrigadas a maiores valores de tensão de água no solo. Verificou-se, entre os tratamentos irrigados, na menor e na maior tensão, uma redução da altura da planta de 19 cm. Isso demonstra que as plantas de trigo devem atingir o máximo crescimento durante o período de desenvolvimento vegetativo para expressar todo o seu potencial de produção. Por outro lado, é possível manejar as irrigações para reduzir a altura das plantas, evitando o acamamento das cultivares susceptíveis, porém com reflexos negativos no rendimento.

Pela Tabela 3, verifica-se que não houve efeito significativo em relação ao peso por hectolitro e peso de 1.000 grãos, o que indica que as plantas reduziram o número de espigas por m², número de espiguetas por espiga e número de grãos por espiga, em função do nível de tensão de água no solo, garantindo o enchimento dos grãos, conforme também indicado por Freitas et al. (1988). Em relação ao peso por hectolitro, todos os tratamentos apresentaram valores superiores ao estabelecido para comercialização, que é de 78 kg por hectolitro. Isso indica que o valor comercial do trigo atingiu preço maior de mercado, uma vez que este aumenta 1% a cada ponto do peso por hectolitro acima de 78.

Com relação à proteína, observa-se, ainda, pelos resultados da Tabela 3, que todos os tratamentos apresentaram alto teor de proteína nos grãos (em torno de 16%). Isso ocorreu em face da alta disponibilidade de N resultante das duas adubações verdes, e da aplicação de 140 kg/ha de N mineral.

Observa-se, na Tabela 4, que o índice de colheita atingiu valores em torno de 0,5 em todos os tratamentos, indicando uma relação semelhante entre a matéria seca dos grãos e a matéria seca total da parte aérea, o que demonstra a relação entre o desenvolvimento vegetativo e a produtividade.

Observa-se, pela Fig. 7, que o rendimento de grãos aumentou com a lâmina de água total aplicada. A lâmina de água variou de, aproximadamente, 1.300 mm, para uma produção em torno de 7.000 kg/ha, até 500 mm para uma produção em torno de

TABELA 4. Parâmetros de manejo de irrigação e de produtividade da cultura de trigo (c.v. BR-12 Aruanã) em função de diferentes níveis de tensão de água no solo.

Tensão de água no solo (kPa)	Lâmina de água (mm)	Número de irrigações	Eficiência da água aplicada (kg de grãos/mm)	Índice de colheita	Produção de grãos (kg/ha)
41	1.322	26	5,3	0,47	6.952 a*
51	1.045	18	6,2	0,49	6.466 ab
69	977	17	6,3	0,48	6.126 b
185	1.019	15	6,0	0,49	6.125 b
562	820	12	6,6	0,48	5.371 c
993	510	8	8,8	0,50	4.473 d

* Valores seguidos de mesma letra não diferiram pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

4.500 kg/ha. O número de irrigações (Tabela 4) necessárias para a aplicação dessas lâminas de água variaram de 26 no tratamento que foi irrigado quando a tensão de água no solo atingia 41 kPa, a apenas 8 no tratamento irrigado quando a tensão de água no solo atingia 993 kPa.

Embora a relação entre a produtividade e a lâmina de água aplicada seja reconhecidamente quadrática, nesse estudo ela apresentou-se quase linear, como pode ser visto pela Fig. 7. Isso ocorreu

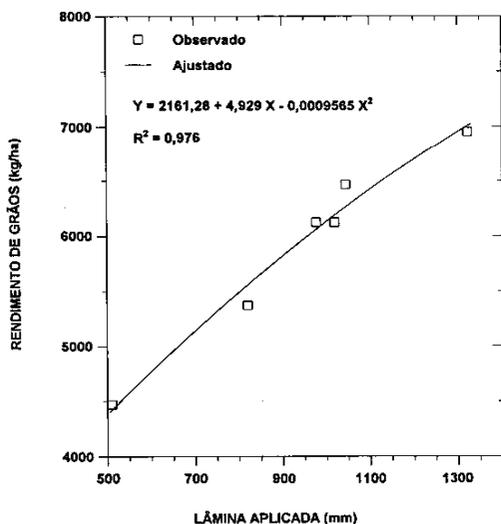


FIG. 7. Rendimento de grãos de trigo (c.v. BR-12 Aruanã) em função das lâminas de água aplicada em cada tratamento estabelecido.

graças ao excelente controle das aplicações de água nas parcelas experimentais dos diferentes tratamentos. Como as lâminas de água aplicadas por irrigação foram calculadas para elevar a umidade do perfil do solo até a condição de capacidade de campo, a quantidade de água perdida por percolação profunda foi certamente minimizada. Assim, o coeficiente do termo quadrático possivelmente reflete a perda de água por evaporação nos tratamentos irrigados com maior frequência.

Em relação à eficiência da água aplicada, verifica-se, na Tabela 4, que esse parâmetro variou de 5,3 no tratamento irrigado quando a tensão de água no solo atingia 41 kPa, para 8,86 no tratamento irrigado quando a tensão de água no solo atingia 993 kPa. Esse aumento da eficiência da água aplicada com o aumento da tensão de água no solo também foi verificado por Choudhury & Kumar (1980), Espinosa et al. (1980), Singh et al. (1980), Singh & Malik (1983) e Faria & Olitta (1987).

CONCLUSÕES

1. A máxima produtividade do trigo foi obtida quando se irrigou em menor valor de tensão de água no solo.
2. Os componentes de produção que determinaram a redução de rendimento com o aumento da tensão de água no solo foram o número de espigas por m², o número de espiguetas por espiga, e o número de grãos por espiga.
3. O aumento da tensão de água no solo causou redução significativa na altura das plantas de trigo.
4. Quando submetidas a maiores níveis de tensão de água no solo, as plantas de trigo reduziram sua produtividade para garantir o enchimento dos grãos.
5. De modo geral, a eficiência da água aplicada aumentou quando as irrigações foram feitas a um nível maior de tensão de água no solo.
6. Para obtenção de máxima produtividade, a cultura de trigo deve ser irrigada sempre que a tensão de água no solo, medida a 10 cm de profundidade, atingir valores em torno de 40 kPa.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, J.A.; OLITTA, A.F.L.; SILVA, E.M.; GUERRA, A.F. Níveis de tensão de água no solo e suspensão da irrigação em três períodos de crescimento do trigo (*Triticum aestivum* L.) irrigado em solo de cerrado: efeito sobre a produtividade, componentes de produção, desenvolvimento e uso de água. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 9., 1991, Natal, RN. *Anais...* Fortaleza: Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, 1992. v.1, t.1, p.83-130.
- CHOUDHURY, P.N.; KUMAR, V. The sensitivity of growth and yield of dwarf wheat to water stress at three growth stages. *Irrigation Science*, v.1, p.223-231, 1980.
- CURL, E.A. Control of plant diseases by plant rotation. *Botanical Review*, v.29, n.4, p.413-477, 1963.
- ESPINOSA, W.; SILVA, E.M.; SOUZA, O.C. Irrigação de trigo em solo de cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.15, n.1, p.107-115, 1980.
- FARIA, R.T.; OLITTA, A.F.L. Lâmina de irrigação na cultura do trigo utilizando o sistema de "aspersão em linha". *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.22, n.9/10, p.999-1008, 1987.
- FREITAS, J.G.; CARDOSO, A.A.; SEDIYAMA, C.S.; FERREIRA, P.A.; MOURA FILHO, W. de. Trigo: efeito de três faixas de umidade na evapotranspiração real e na produção e seus componentes. *Bragantia*, Campinas, v.44, t.2, p.515-530, 1988.
- GUERRA, A.F.; SILVA, E.M.; AZEVEDO, J.A. Estabelecimento do momento de irrigação em trigo e cevada baseado em níveis de tensão de água em latossolo dos cerrados. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (Planaltina, DF). *Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1982-1985*. Planaltina, DF, 1987. p.227-231.
- GUERRA, A.F.; SILVA, E.M.; AZEVEDO, J.A. Tensão de água no solo: um critério viável para a irrigação do trigo na região do cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.29, n.4, p.631-636, 1994.
- HILLEL, D.; GURON, Y. Relation between evapotranspiration rate and maize yield. *Water Resources Research*, v.9, n.3, p.743-748, 1973.
- KELLEY, O.J. A rapid method of calibrating various instruments for measuring soil moisture in situ. *Soil Science*, Baltimore, v.58, p. 433-440, 1944.
- RUPPEL, E.G.; GILBERTSON, R.L.; SCHWEIZER, E.E. Population densities of selected soil-borne fungi and disease incidence in a crop rotation under varied weed-management systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Amsterdam, v.21, p.163-169, 1988.
- SILVA, A.R.; ANDRADE, J.M.V. A cultura de cevada na estação seca com irrigação nos cerrados do DF. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.7, n.20, p.305-316, 1985.
- SILVA, D.B.; ANDRADE, J.M.V.; GUERRA, A.F. *Informações básicas para o cultivo do trigo irrigado na região do Brasil central*. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1993. 31p. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 29).
- SINGH, T.; MALIK, D.S. Effect of water stress at three growth stages on the yield and water-use efficiency of dwarf wheat. *Irrigation Science*, v.4, p.239-245, 1983.
- SINGH, G.; SINGH, P.W.; BHUSHAN, L.S. Water use and wheat yields in northern India under different irrigation regimes. *Agricultural Water Management*, v.3, p.107-114, 1980.