

DESENVOLVIMENTO DO MILHO SUBMETIDO A DOSES DE NITROGÊNIO E TENSÕES DE ÁGUA NO SOLO

ALESSANA FRANCIELE SCHLICHTING¹; MARCIO KOETZ¹; EDNA MARIA BONFIM-SILVA¹ E TONNY JOSÉ ARAÚJO DA SILVA¹

¹ Universidade Federal de Mato Grosso - Campus Universitário de Rondonópolis, Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola. alessanamt@gmail.com; marciokoetz@yahoo.com.br; embonfim@hotmail.com; tonnyjasilva@hotmail.com

1 RESUMO

O milho é uma cultura de grande expressão econômica e o seu cultivo no final do período chuvoso tem aumentado no Estado de Mato Grosso. Assim, objetivou-se neste trabalho avaliar o efeito das adubações nitrogenadas e das tensões de água no solo no desenvolvimento do milho. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Federal de Mato Grosso, campus de Rondonópolis, em um delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial, avaliando cinco doses de nitrogênio (0, 50, 100, 150 e 200 mg dm⁻³) e cinco tensões de água no solo (15, 25, 35, 45 e 55 kPa), com quatro repetições. As parcelas experimentais foram constituídas de vasos plásticos com 18 dm³ de solo, e em cada parcela cultivou-se uma planta de milho, híbrido DKB390PRO, até os 60 dias após a emergência. As variáveis analisadas foram: altura das plantas, número de folhas, leitura SPAD e diâmetro do colmo. De maneira geral, as tensões no intervalo entre 15 e 25 kPa e as doses de nitrogênio no intervalo entre 100 e 150 mg dm⁻³ proporcionaram melhor desenvolvimento às plantas de milho.

Palavras-Chave: *Zea mays* L. Manejo de irrigação. Ureia.

**SCHLICHTING, A.F.; KOETZ, M.; BONFIM-SILVA, E.M.; SILVA, T.J.A.
MAIZE DEVELOPMENT UNDER DIFFERENT NITROGEN LEVELS AND SOIL
WATER TENSIONS**

2 ABSTRACT

Maize is a crop of great economic importance and its cultivation at the end of the rainy season has increased in the state of Mato Grosso, Brazil. However, lack of rainfall during this period has made supplemental irrigation necessary in order to ensure satisfactory production levels and facilitate absorption of nutrients, including nitrogen. Thus, this study aimed at evaluating the effect of nitrogen fertilization levels and soil water tensions on maize development. The experiment was carried out in a greenhouse at the Federal University of Mato Grosso, Rondonópolis campus, using a factorial design with randomized blocks. A total of five levels of Nitrogen (0, 50, 100, 150 and 200 mg dm⁻³) and five soil water tensions (15, 25, 35, 45 and 55 kPa) were evaluated using four replications. The experimental plots consisted of 18 dm³ plastic pots with soil, and one maize plant (hybrid DKB390PRO) was cultivated until 60 days after emergence in each plot. The following variables were analyzed: plant height, number of leaves, SPAD readings and stem diameter. In general, tensions between 15 and 25 kPa and

Nitrogen levels between 100 and 150 mg/dm³ provided better development of the maize plants.

Keywords: *Zea mays* L. irrigation management, urea.

3 INTRODUÇÃO

O Estado de Mato Grosso se destaca a nível nacional na produção de grãos, sendo o milho (*Zea mays* L.) a segunda cultura mais plantada no Estado, com cerca de 2.707.314 ha plantados em 2012 (IBGE, 2012), com a produção de aproximadamente 7.921,30 mil toneladas (MAPA, 2012).

Durante sua produção, o déficit hídrico é um dos fatores mais limitantes para a obtenção de elevadas produtividades, devido a sensibilidade da cultura ao estresse hídrico em determinadas fases (FANCELLI & DOURADO NETO, 1996), por isso a importância da irrigação no milho cultivado no final do período chuvoso (safrinha). Adicionalmente, diversos autores têm comprovado que a irrigação promove o aumento na produtividade do milho (PEGORARE et al., 2009; CONTE et al., 2009; BERGAMASCHI et al., 2010; SILVA et al., 2012).

Além disso, o milho é uma das culturas de maior requerimento de fertilizante nitrogenado e o seu suprimento inadequado é considerado um fator preponderante ao seu desenvolvimento, pois o nitrogênio exerce importante função nos processos bioquímicos da planta, constituinte de coenzimas, proteínas, ácidos nucleicos, ATP (Adenosina Trifosfato), clorofila e inúmeras enzimas (JAKELAITIS et al., 2005), influenciando o crescimento da planta mais do que qualquer outro nutriente (BREDEMEIER & MUNDSTOCK, 2000), por isso é o nutriente absorvido em maior quantidade por esta cultura (OKUMURA et al., 2011).

A adubação nitrogenada adequada, aliada a um suprimento ótimo de água que, segundo Doorenbos & Kassan (1994), pode variar de 500 a 800 mm de água dependendo do clima, pode gerar um bom desenvolvimento do milho. Bergonci et al. (2001) avaliando a eficiência da irrigação e o efeito do déficit hídrico sobre o rendimento de grãos e o acúmulo de matéria seca da parte aérea do milho, verificaram que o déficit hídrico que ocorre no período vegetativo interfere pouco no rendimento, pois não afeta significativamente o número de grãos por espiga.

A partir do exposto, objetivou-se neste trabalho avaliar o desenvolvimento do milho submetido a diversas doses de nitrogênio e tensões de água no solo.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação na área experimental do Departamento de Engenharia Agrícola e Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso, Rondonópolis-MT, localizada a 16°28'00" latitude sul e 50°34'00" de longitude oeste a uma altitude média de 284 m. O clima, de acordo com a classificação de Köppen, é caracterizado como Aw, tropical chuvoso. Utilizou-se o híbrido DKB390PRO de ciclo precoce. No interior da casa de vegetação foi instalado um termohigrômetro para monitoramento da temperatura e umidade relativa do ar, realizando-se as leituras diariamente. As médias de temperatura e umidade relativa do ar na casa de vegetação durante a condução do experimento ficaram em 28,65°C e 71,6%, respectivamente.

O solo utilizado foi proveniente da camada arável (0,0 – 0,20 m) de um Latossolo Vermelho (EMBRAPA, 2006), coletado em uma área sob vegetação de cerrado e caracterizado como franco arenoso, com composição granulométrica de 421, 496 e 83 g Kg⁻¹, respectivamente de argila, areia e silte.

A composição química do solo foi de: 1,1 mg dm⁻³ de P; 22 mg dm⁻³ de K; 0,2 cmol_c dm⁻³ de Ca; 0,1 cmol_c dm⁻³ de Mg; 0,9 cmol_c dm⁻³ de Al e com pH em CaCl₂ de 4,0. A saturação de bases do solo foi elevada para 60%.

Utilizou-se delineamento experimental de blocos casualizados em esquema fatorial 5 x 5, sendo os tratamentos constituídos das combinações de cinco tensões de água no solo (15, 25, 35, 45 e 55 kPa) e cinco doses de nitrogênio (0, 50, 100, 150 e 200 mg dm⁻³) com quatro repetições, totalizando 100 parcelas experimentais. Cada parcela experimental foi constituída de um vaso plástico com capacidade de 18 dm³ de solo, antes de inserir o solo nas parcelas o mesmo foi peneirado em malha de 4 mm.

Foram semeadas cinco sementes em cada vaso, no início de março de 2012 e três dias após a emergência das plântulas, foi realizado o primeiro desbaste, deixando duas plantas por vaso e aos dez dias após a emergência foi realizado o segundo desbaste deixando apenas uma planta por vaso.

A adubação de plantio foi realizada com base em trabalhos realizado por Bonfim-Silva et al. (2012), utilizando-se adubação fosfatada (P₂O₅) de 160 mg dm⁻³, potássica (K₂O) de 75 mg dm⁻³, utilizando-se superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente. A adubação nitrogenada foi realizada com ureia, dividida em três aplicações, sendo a primeira (50%) realizada aos 10 dias após a emergência (DAE), a segunda (25%) com 28 DAE e a terceira (25%) após 35 DAE. A adubação com micronutrientes foi realizada aos 16 DAE sendo aplicado em solução: 1,39 mg dm⁻³ de B; 2,61 mg dm⁻³ de Cu; 2,03 mg dm⁻³ de Zn e 0,36 mg dm⁻³ de Mo.

Instalaram-se quatro tensiômetros para cada tratamento de tensão avaliado, um por bloco, esses foram dispostos a 0,20 m de profundidade nas unidades experimentais que foram adubadas com a dose de nitrogênio de 100 mg dm⁻³, assim o manejo da irrigação foi realizado a partir da média das leituras das tensões de cada tratamento proposto.

As leituras das tensões eram realizadas duas vezes ao dia por meio de um tensímetro digital com sensibilidade de 0,1 kPa, na parte da manhã e à tarde. Logo após cada leitura, realizou-se a irrigação, caso fosse necessário.

A obtenção da curva de retenção de água no solo foi realizada com o solo da própria unidade experimental, coletado com anel volumétrico (anel de Köpeck). Após o acondicionamento do solo nos vasos, as amostras foram adequadamente retiradas, levadas ao laboratório, preparadas e colocadas para saturação. Para cada ponto analisado foram realizadas três repetições. Para os pontos de baixa tensão 0,1; 0,3; 0,5 e 1 kPa obteve-se os dados a partir do funil de placa porosa (funil de Haines) interligado a uma proveta graduada. Nos pontos de 1,5; 5; 10 e 20 kPa, analisou-se as amostras na mesa de tensão. Já os pontos de altas tensões 10 e 1500 kPa, capacidade de campo e ponto de murcha permanente, respectivamente, foram obtidos através da câmara de pressão de Richards, conforme procedimentos descritos por Libardi (2005).

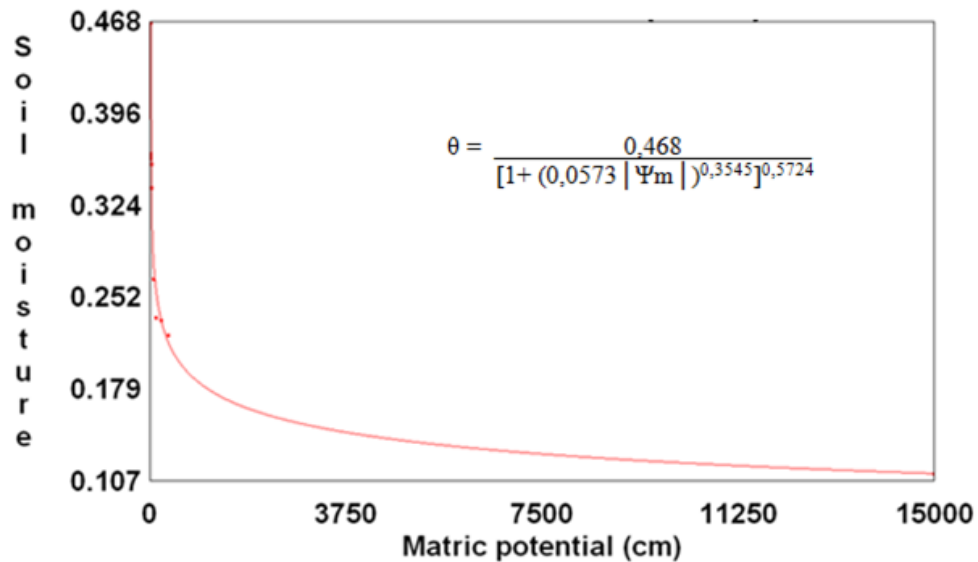
Com os dados de umidade do solo associados às suas respectivas tensões, obteve-se o ajuste da curva de retenção de água no solo (Equação 1) pelo modelo de van Genuchten (van GENUCHTEN, 1980) com o auxílio do software Soil Water Retention Curve (SWRC, versão 3.0) (Figura1).

$$\theta v = \theta r + \frac{\theta s - \theta r}{[1 + (\alpha |\Psi m|)^n]^m} \quad (1)$$

Em que:

- θ - umidade a base de volume, em $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$;
- θr - umidade residual, em $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$;
- θs - umidade de saturação, em $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$;
- Ψm - Potencial matricial, em kPa;
- α, m, n - parâmetros do modelo.

Figura 1. Curva de Van Genuchten - Retenção de água no solo, gerada pelo programa Soil Water Retention Curve (versão 3.0) e a equação da umidade do solo com os dados obtidos.



O volume de água aplicada por tratamento a ser irrigado foi calculada com base na curva de retenção de água no solo, sendo que toda irrigação realizada foi feita elevando-se a umidade do solo à capacidade de campo (10 kPa) (BERNARDO et al., 2006).

Com a média das tensões observadas, foram calculadas suas umidades correspondentes, a partir da curva de retenção e realizado o cálculo da irrigação (Equação 2).

$$V = (\theta_{cc} - \theta_{atual}) \times 18000 \quad (2)$$

Em que:

- V - volume de água, em cm^3 ;
- θ_{cc} - umidade na capacidade de campo, em $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$;
- θ_{atual} - média da tensão de cada tratamento, em $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$;
- 18.000 - volume de solo no vaso, em cm^3 .

Até 30 dias após a semeadura todos os tratamentos foram irrigados, mantendo-se o solo próximo à capacidade de campo, de forma a garantir o estabelecimento das plantas, sendo que após este período iniciou-se a diferenciação dos tratamentos, conforme as tensões estabelecidas.

Decorridos 60 dias após a emergência, foram realizadas as avaliações de altura de planta, número de folhas, leitura SPAD (Soil Plant Analysis Development) e diâmetro do colmo. A altura de planta foi considerada do nível do solo até a inserção da última folha. A leitura SPAD foi determinada por meio do aparelho Minolta SPAD-502, medidor indireto de clorofila na folha, sendo realizadas duas leituras na última folha em pontos situados na metade a dois terços do comprimento da folha, a partir da base, e a dois centímetros da sua margem (RAMBO et al., 2008). O diâmetro do colmo foi avaliado a dois centímetros do nível do solo, com o auxílio de um paquímetro.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e quando significativas, foram estudadas por análise de regressão, utilizando-se o software SISVAR® (FERREIRA, 2008).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No experimento o solo foi mantido na capacidade de campo (10 kPa) até os 30 dias após a emergência, sendo irrigado em média nesse período com 9 L de água por unidade experimental e após esse período iniciou-se as aplicações das tensões propostas.

Assim o número de irrigações, lâmina média e turno de rega foram contabilizados nos 30 dias de aplicação dos tratamentos das tensões de água no solo, porém a lâmina total de água aplicada foi descrito dos 60 dias do experimento (Tabela 1).

Tabela 1. Lâmina total de água aplicada (L), número de irrigações, lâmina média de água aplicada (ml) e turno de rega médio (dias) nas tensões de água do solo de 15, 25, 35, 45 e 55 kPa.

Tensão (kPa)	Lâmina Total Aplicada (L)	Número de Irrigações	Lâmina Média Aplicada (ml)	Turno de Rega Médio (dias)
15	27	30	576	1
25	21	15	712	2
35	20	10	976	3
45	19	7	1300	4
55	19	6	1500	5

As Análises de Variância para altura das plantas, leitura SPAD, número de folhas, e diâmetro do colmo são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Análise de variância para altura das plantas (AP), leitura SPAD (SPAD), número de folhas (NF) e diâmetro do colmo (DC) do milho DKB390PRO, em função das doses de nitrogênio e tensões de água no solo.

Fontes de variação	GL	Quadrado Médio			
		AP	SPAD	NF	DC
Doses de N	4	13529,02**	190,85***	14,83***	13,14
Tensões	4	1692,76***	550,91***	13,38***	12,97
Blocos	3	4799,08	41,15	0,13	7,82
Tensão x doses de N	16	285,08	25,24	0,92	3,94**
Resíduo	72	480,97	15,55	0,61	1,84
C.V. (%)		13,44	9,27	6,41	6,99
Média		163,23	42,52	12,20	19,40

Altura das Plantas (cm) e Diâmetro do Colmo (mm).

**Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F

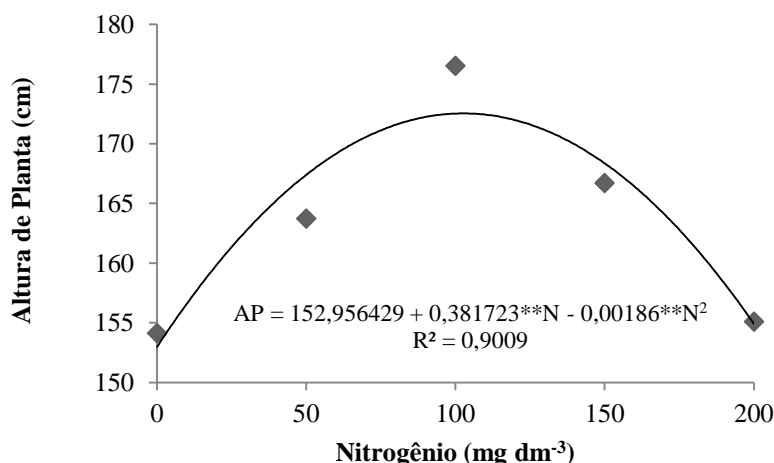
*** Significativo a 0,1% de probabilidade, pelo teste F

A única característica avaliada que apresentou interação entre tensão de água no solo e doses de nitrogênio foi diâmetro do caule (Tabela 2).

Verificou-se que a altura das plantas apresentou variação quadrática com as doses de nitrogênio, atingindo um máximo correspondente a 172,54 cm para uma dose de 102,61 mg dm⁻³, decrescendo a partir deste ponto (Figura 2). Mar et al. (2003) analisando doses de adubação nitrogenada em Latossolo Vermelho Eutroférico argiloso obtiveram a maior altura (209,52 cm) com dose de nitrogênio de 121 kg ha⁻¹. Silva & Silva (2003) verificaram altura de 194 cm para adubação com nitrogênio de 120 kg ha⁻¹. Oliveira et al. (2009) e Soratto et al. (2010) observaram resposta linear a altura de planta até a adubação com nitrogênio de 120 kg ha⁻¹.

Figura 2. Altura de planta de milho (cm) em função das doses de nitrogênio (mg dm⁻³).

** Significativo a p≤0,05 de probabilidade.



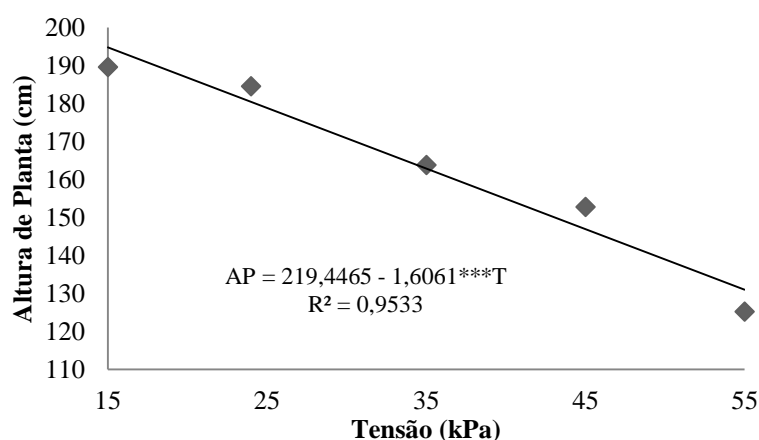
Isso ocorre, possivelmente, devido ao nitrogênio atuar no crescimento vegetativo, influenciando diretamente a divisão e a expansão celular e o processo fotossintético, promovendo acréscimo na altura das plantas (FORNASIERI FILHO, 2007). Por outro lado, o excesso de nitrogênio faz com que a planta vegete e armazene menos carboidratos (SOUZA & CARVALHO, 2000).

O efeito das tensões de água no solo sobre a altura das plantas pôde ser explicado pelo

modelo linear (Figura 3). A maior altura de planta (195,35 cm) obteve-se com tensão de 15 kPa, havendo um decréscimo de 32,88% na altura de planta quando submetida a tensão de 55 kPa. A tensão de 15 kPa está próxima a capacidade de campo (10 kPa), onde o solo se manteve mais úmido, quando comparado aos demais tratamentos, o que pode ter favorecido na disponibilidade de nitrogênio do solo pela planta. Pegorare et al. (2009) avaliando altura de planta em milho, verificaram que esta variável também se enquadrou no modelo linear de regressão, porém de forma crescente às lâminas de água aplicada. Em plantas jovens de milho sob deficiência hídrica, Efeoglu et al. (2009) observaram significativa inibição do crescimento, em comparação aos tratamentos sem restrição hídrica.

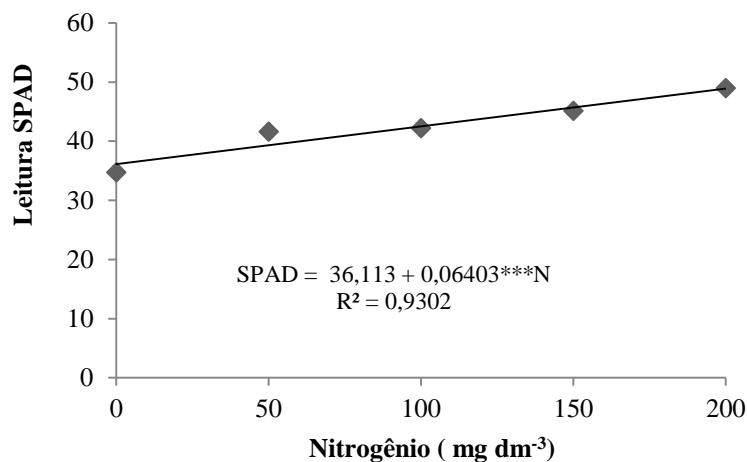
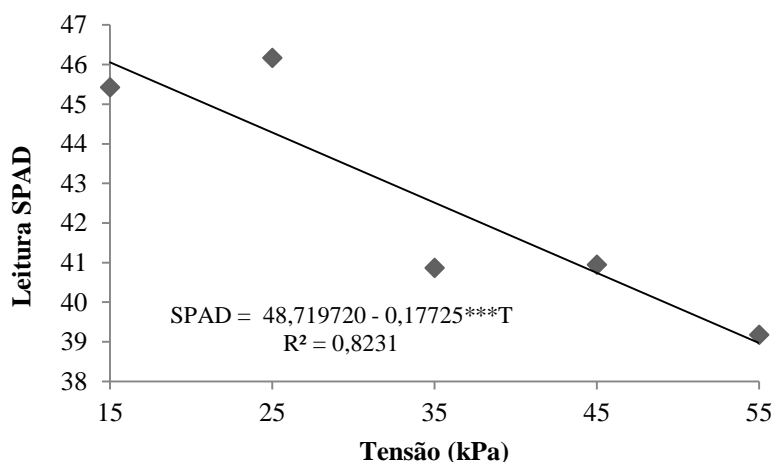
Figura 3. Altura de planta de milho (cm) em função das tensões de água no solo (kPa).

*** Significativo a $p \leq 0,05$ de probabilidade.



A leitura SPAD respondeu de forma linear e crescente às doses de nitrogênio (Figura 4) e linear e decrescente às tensões de água no solo (Figura 5).

A maior dose de nitrogênio (200 mg dm^{-3}) proporcionou um incremento de 35,46% no teor de clorofila (leitura SPAD) em relação ao tratamento sem adubação nitrogenada. Hurtato et al. (2010) verificaram ajuste linear das doses de nitrogênio até 400 mg dm^{-3} em Latossolo Vermelho Distroférrico, com incremento de 11,08% de unidade SPAD para a dose de 200 mg dm^{-3} quando comparadas ao tratamento sem adubação nitrogenada.

Figura 4. Leitura SPAD em plantas de milho em função das doses de nitrogênio (mg dm^{-3}).*** Significativo $p \leq 0,05$ de probabilidade.**Figura 5.** Leitura SPAD em plantas de milho em função das tensões de água no solo (kPa).*** Significativo $p \leq 0,05$ de probabilidade.

A menor tensão (15 kPa) proporcionou incremento de 15,39% no teor de clorofila em relação a maior tensão aplicada (55 kPa). Os tratamentos com as maiores tensões obtiveram os menores valores para o teor relativo de clorofila na folha, provavelmente devido ao menor volume de água aplicado, o que pode ter dificultado a absorção de nitrogênio pelas plantas.

De acordo com Santos & Pereira (1994), o incremento do teor de nitrogênio foliar, que está diretamente correlacionado a leitura SPAD, proporciona maior crescimento e desenvolvimento da planta e, conseqüentemente maior índice de área foliar, conferindo maior síntese de carboidratos pela fotossíntese. Assim, a planta torna-se mais apta para alocar carboidratos para o sistema radicular, promovendo maior desenvolvimento e condicionando maior aproveitamento do nitrogênio disponível para a planta, seja o nitrogênio proveniente do solo ou do fertilizante.

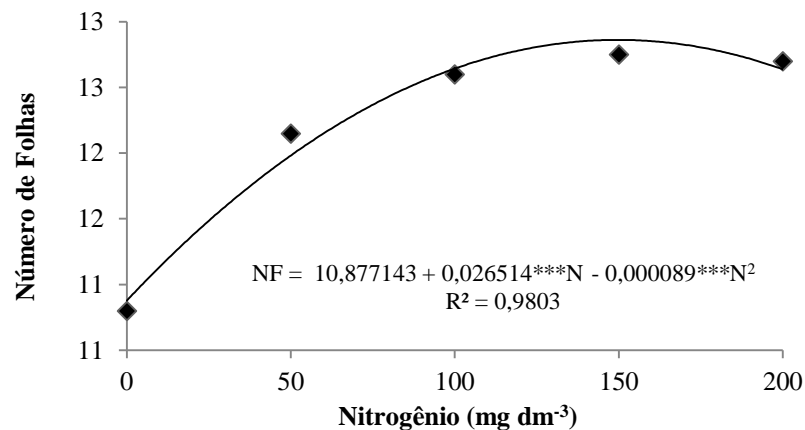
A dose de nitrogênio $148,96 \text{ mg dm}^{-3}$ proporcionou o maior número de folhas (12,85) (Figura 6). Ferreira et al. (2012) avaliando sorgo adubado com 300 kg ha^{-1} , quantificou 8,58 folhas aos 90 dias após a emergência das plantas.

Nos tratamentos com as doses de 0 e 50 mg dm^{-3} de nitrogênio, independentemente da

tensão aplicada, foi possível observar o início da clorose das folhas mais velhas, o que não ocorreu nas demais doses avaliadas. De acordo com Prado et al. (2007), que estudaram a omissão de macronutrientes em plantas de sorgo, esse sintoma está associado com a menor produção de clorofila, ocasionando modificação nos cloroplastos que, quando comparado com os de uma planta bem suprida de nitrogênio, são menores e achatados, com menos membranas tilacóides e maior proporção de estroma.

Figura 6. Número de folhas de plantas de milho em função das doses de nitrogênio (mg dm^{-3}).

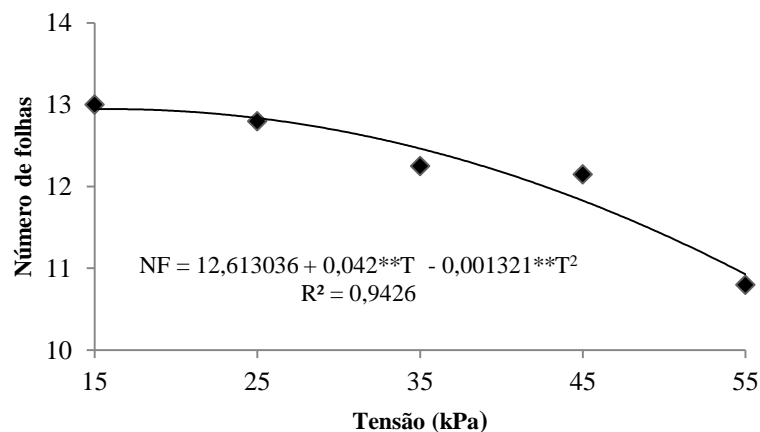
*** Significativo $p \leq 0,05$ de probabilidade.



O maior número de folhas foi obtido pela tensão de 15,9 kPa sendo 12,95 folhas (Figura 7), que, a partir desta tensão, o número de folhas decresce com o aumento das tensões aplicadas. Quanto menor o número de folhas, menor será a área foliar, o que reflete diretamente sobre a produtividade das culturas (OLIVEIRA et al., 2004).

Figura 7. Número de folhas de plantas de milho em função das tensões de água no solo (kPa).

** Significativo $p \leq 0,05$ de probabilidade.



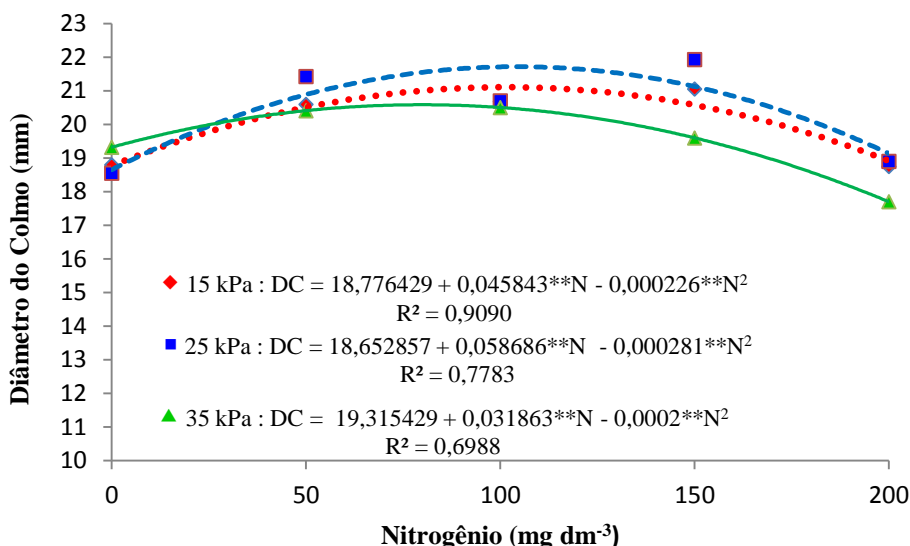
No desdobramento de doses de nitrogênio em cada nível de tensão de água no solo, para variável diâmetro do colmo, as tensões de 15, 25 e 35 kPa foram significativas (Figura 8). Após

desdobramento verificou-se redução do diâmetro de colmo nos tratamentos sem adubação nitrogenada e na dose de nitrogênio de 200 mg dm⁻³, constatando-se que tanto na ausência da adubação nitrogenada como em doses excessivas tornaram-se prejudiciais à cultura. Na tensão de 15 kPa a dose de nitrogênio de 101,42 mg dm⁻³ proporcionou o maior diâmetro do colmo, com 21,10 mm. Para tensão de 25 kPa o maior diâmetro do colmo (21,72 mm) foi obtido com a dose de nitrogênio de 104,42 mg dm⁻³ e para tensão de 35 kPa o diâmetro do colmo de 20,58 mm foi o maior valor alcançado, onde utilizou-se a dose de nitrogênio de 79,66 mg dm⁻³.

Oliveira et al. (2009) avaliando doses de nitrogênio no milho, verificaram o maior diâmetro do colmo (21,4 mm) com 120 kg ha⁻¹ de nitrogênio. No experimento conduzido em campo por Lucena et al. (2000), em Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, as doses de nitrogênio não causaram diferença significativa no diâmetro do colmo do milho, neste estudo os autores obtiveram na maior dose de nitrogênio aplicada (160 kg ha⁻¹), diâmetro de 13,7 mm e para menor dose de nitrogênio (40 kg ha⁻¹), diâmetro de 13,5 mm

Figura 8. Diâmetro do colmo de plantas de milho em função das doses de nitrogênio nas tensões de água no solo de 15, 25 e 35 kPa.

** Significativo p≤0,05 de probabilidade.

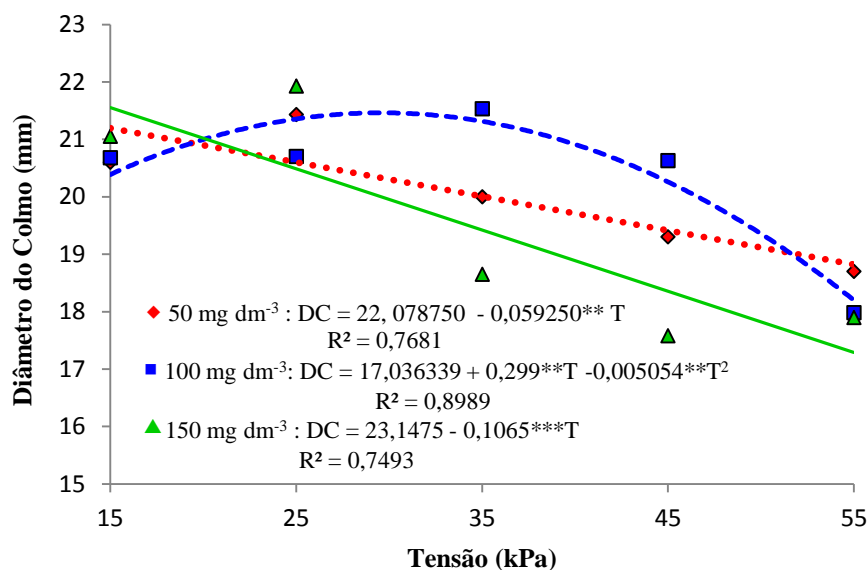


Já no desdobramento das tensões de água no solo para cada dose de nitrogênio para a variável diâmetro do colmo, as doses de nitrogênio de 50, 100 e 150 mg dm⁻³ foram significativas (Figura 9).

Houve decréscimo de 11,18% do diâmetro do colmo, na dose de nitrogênio de 50 mg dm⁻³, da menor tensão (15 kPa) para a maior tensão (55 kPa). Esse decréscimo aumenta para 19,77% na dose de nitrogênio de 150 mg dm⁻³, quando comparado entre as mesmas tensões. O diâmetro do colmo foi de 21,45 mm, sendo o maior valor verificado na dose de nitrogênio correspondente a 100 mg dm⁻³, quando submetido a tensão de 29,58 kPa, sendo que após esta tensão, houve redução no diâmetro do colmo.

Figura 9. Diâmetro do colmo (mm) de plantas de milho em função das tensões de água no solo, nas doses de 50, 100 e 150 mg dm⁻³.

, * Significativo p≤0,05 e p<0,05 de probabilidade, respectivamente.



De acordo com Fancelli & Dourado Neto (2000), o crescimento do colmo das plantas de milho ocorre principalmente a partir da emissão da oitava folha, se prolongando até o florescimento, sendo que o colmo não somente atua como suporte de folhas e inflorescências, mas principalmente como estrutura destinada ao armazenamento de sólidos solúveis que serão utilizados na formação dos grãos.

6 CONCLUSÕES

De maneira geral, as tensões no intervalo entre 15 e 25 kPa e as doses de nitrogênio no intervalo entre 100 e 150 mg dm⁻³ proporcionaram melhor desenvolvimento às plantas de milho.

7 REFERÊNCIAS

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.A.; BERGONCI, J.I.; KRUGER, AC.A.M.B.; HECKLER, M.; COMIRAN F. Intercepted solar radiation by maize crops subjected to different tillage systems and water availability levels **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.12, p.1331-1341, 2010.

BERGONCI, J.I.; BERGAMASCHI, H.; SANTOS, A. O.; FRANÇA S.; RADIN, B. Eficiência da irrigação em rendimento de grãos e matéria seca de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.7, p.949-956, 2001.

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

BONFIM-SILVA, E.M.; KROTH, B. E.; SILVA, T. J. A.; FREITAS, D. C. de. Disponibilidades hídricas no desenvolvimento inicial de sorgo e ph do solo. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.8, n.14; p.397-407, 2012.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n.2, p. 365-372, 2000.

CONTE, O.; LEVIEN, R.; TREIN, C. R.; DEBIASI, H.; MAZURANA, M. Rendimento do milho em diferentes condições físicas de solo e quantidade de resíduo na ausência ou na presença de irrigação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.4, p. 1059-1066, 2009.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas. Campina Grande**: UFPB, 1994. 306p.

EFGOGLU, B.; EKMEKÇI, Y.; ÇIÇEK, N. Physiological responses of three maize cultivars to drought stress and recovery. **South African Journal of Botany**, v.75, p.34-42, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006. 306p.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Milho: Fisiologia da produção. Seminário sobre fisiologia da produção e manejo de água e nutrientes na cultura do milho de alta produtividade**. Potafos: Piracicaba, 1996. 30p.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETTO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000.360p.

FERREIRA, Daniel Furtado. **SISVAR**: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, p. 36-41, 2008.

FERREIRA, L.E.; SILVA, I.F.; SOUZA, E.P.; SOUZA, M.A.; BORCHARTT, L. Caracterização física de variedades de sorgo submetidas a diferentes adubações em condição de sequeiro. **Revista Verde**, Mossoró, v.7, n.1, p. 249-255, 2012.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: Funep, 2007. 576 p.

HURTATO, S. M. C.; SILVA, C. A.; RESENDE, A.V.; CORAZZA, E. J.; SHIRATSUCHI, L.S.; HIGASHIKAMA, F. S. Sensibilidade do clorofilômetro para diagnóstico nutricional de nitrogênio no milho. **Ciência Agrotécnica** Lavras, vol.34, n.3, pp. 688-697, 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola: pesquisa de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil**. Rio de Janeiro, v. 25, n. 08, p. 1-88, agosto de 2012. Disponível em http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201208.pdf. Acesso em: 10 de setembro de 2012.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R. Efeitos do nitrogênio sobre o milho cultivado em consórcio com *Brachiaria brizantha*. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 01, p. 39-46, 2005.

LIBARDI, P.L. **Dinâmica da água no solo**. São Paulo: EDUSP, 2005. 335p.

LUCENA, L. de F. C.; OLIVEIRA, F. A. de; SILVA, I. F.; ANDRADE, A. P.; Resposta do milho a diferentes dosagens de nitrogênio e fósforo aplicados ao solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.4, n.3, p.334-337, 2000.

MAPA, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Brasil **Projeções do Agronegócio 2011/2012 a 2021/2022**. Brasília, 2012, 50 p. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/portal/page/portal/Internet-MAPA/pagina-inicial/ministerio/gestao-estrategica/projecoes-do-agronegocio>. Acesso em 23 de setembro de 2012.

MAR, G.D.; MAGCHATTIE, M.E.; SOUZA, L.C.F; GONÇALVES, M.C.; NOVELINO, J.O.; Produção do milho safrinha em função de doses e épocas de aplicação de nitrogênio. **Bragantina**, Campinas, v.62, n.2, p.267-274, 2003.

OKUMURA, R. S.; MARIANO, D.C.; ZACCHEO, P. V. C. Uso de fertilizante nitrogenado na cultura do milho: uma revisão. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v.4, n.2, p.226-244, 2011.

OLIVEIRA, F. A. de; CAVALCANTE, L. F.; SILVA, I. de F. da; Pereira, WALTER E.; OLIVEIRA, J. C. de; FILHO, J. F. da C. Crescimento do milho adubado com nitrogênio e fósforo em um Latossolo Amarelo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.4, n.3, p.238-244, Recife, 2009.

OLIVEIRA, R.A. de; DAROS, E.; ZAMBON, J.L.C.; WEBER, H.; IDO, O.T.; ZUFFELLATO-RIBAS, K.C.; KOEHLER, H.S.; SILVA, D.K.T. da. Crescimento e desenvolvimento de três cultivares de cana-de-açúcar, em cana-planta, no Estado do Paraná: taxas de crescimento. **Scientia Agraria**, Piracicaba, v.5, p.87-94, 2004.

PEGORARE, A. B.; FEDATTO, E.; PEREIRA, S. B.; SOUZA, L. C. F.; FIETZ, C. R.; Irrigação suplementar no ciclo do milho "safrinha" sob plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, vol.13, n.3, p. 262-271, 2009.

PRADO, R.M; ROMUALDO, L.M; ROZANE, D.E. Omissão de macronutrientes no desenvolvimento e no estado nutricional de plantas de sorgo (cv. BRS 3010) cultivadas em solução nutritiva. **Científica**, Jaboticabal, v.35, n.2, p.122-128,2007.

RAMBO, L.; SILVA, P.R.F.; STRIEDER, M.L.; DELATORRE, C.A.; BAYER, C.; ARGENTA, G. Adequação de doses de nitrogênio em milho com base em indicadores de solo e de planta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.3, p.401-409, mar. 2008.

SANTOS, H.P.; PEREIRA, L.R. Efeito de sistemas de sucessão de cultura de inverno sobre algumas características agrônômicas de milho em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, p.1691-1694, 1994.

SILVA, M.R.R.; VANZELA, L.S.; VAZQUEZ, G.H.; SANCHES, A.C. Influência da irrigação e cobertura morta do solo sobre as características agronômicas e produtividade de milho. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, p. 170-180, 2012.

SILVA, P.S.L.; SILVA, P.I.B. Parcelamento da adubação nitrogenada e rendimento de espigas verdes de milho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.21, n.2, p.149-152, 2003.

SORATTO, R. P., PEREIRA, M.; COSTA, T. A. M. da; LAMPERT, V. N. Fontes alternativas e doses de nitrogênio no milho safrinha em sucessão à soja. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.41, n.4, p.511-518, 2010.

SOUZA, R. J; CARVALHO, J. G. Efeito de doses de nitrogênio aplicadas no solo e níveis de cálcio aplicados via foliar sobre o teor e o acúmulo de micronutrientes em alface americana. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.24, n.4, p.905-916, 2000.

van GENUCHTEN, M. Th. A Closed-form Equation for Predicting the Hydraulic Conductivity of Unsaturated Soils, **Soil Science Society of America Journal**, USA, v.44, p.892-898, 1980.