

CRESCIMENTO E TROCAS GASOSAS DE MILHETO SOB DIFERENTES DOSES E FONTES DE NITROGÊNIO

GROWTH AND GAS EXCHANGE OF MILLET UNDER DIFFERENT DOSES AND SOURCES OF NITROGEN

João Guilherme Justino da Costa*

Silas Primola Gomes**

RESUMO

O milheto (*Pennisetum glaucum* L.) é uma planta tolerante ao déficit hídrico e de ciclo curto, o que torna a cultura promissora para a produção de alimentos na região Nordeste do Brasil. O uso de estratégias de manejo com a adubação é de suma importância para minimizar os efeitos na queda da produção de forrageiras na região. Objetivou-se avaliar os comportamentos fisiológicos e produtivos do milheto, quando manejado sob diferentes doses e fontes de adubação nitrogenada para às condições do semiárido brasileiro. O experimento foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 2 [cinco doses de nitrogênio: 50%; 75%; 100%; 125% e 150%; duas fontes de N (ureia contendo 45% de N e sulfato de amônio contendo 20% de N, logo, as doses continham 40 kg ha⁻¹; 60 kg ha⁻¹; 80 kg ha⁻¹; 100 kg ha⁻¹ e 120 kg ha⁻¹, seguindo a recomendação para o milheto com fins de pastejo ou silagem. Observou-se que os tratamentos à base de ureia mostraram melhor desempenho para todas as variáveis de crescimento aos 60 DAS e 85 DAS (com exceção a biomassa de forragem total aos 85 DAS). Altas doses de nitrogênio diminuem a produção de biomassa de forragem total aos 60 e 85 DAS, devido encurtamento do ciclo de produção. A dose de N com 63% proporciona a planta maior taxa de assimilação de CO₂ e condutância estomática.

Palavras-chave: Adubação. Fotossíntese. Forragem.

ABSTRACT

Millet (*Pennisetum glaucum* L.) is a plant tolerant to water deficit and of short cycle, which makes the crop promising for food production in the Northeast region of Brazil. The use of management strategies with fertilization is extremely important to minimize the effects on the fall of forage production in the region. The objective was to evaluate the physiological and productive behavior of millet, when managed under different doses and sources of nitrogen fertilization for the conditions of the Brazilian semiarid. The experiment was conducted in a completely randomized design, in a 5 x 2 factorial scheme [five nitrogen doses: 50%; 75%; 100%; 125% and 150%; two sources of N (urea containing 45% N and ammonium sulphate containing 20% N; therefore, the doses contained 40 kg ha⁻¹; 60 kg ha⁻¹; 80 kg ha⁻¹; 100 kg ha⁻¹ and 120 kg ha⁻¹, following the recommendation for millet for grazing or silage purposes, it was observed that urea treatments showed better performance for all growth variables at 60 DAS and 85 DAS (with the exception of biomass of total forage at 85 DAS). High doses of nitrogen decrease the production of total forage biomass at 60 and 85 DAS, due to the shortening of the production cycle. The 63% N dose provides the plant with a higher CO₂ assimilation rate and conductance stomatal.

Keywords: Fertilization. Photosynthesis. Fodder.

INTRODUÇÃO

O milheto (*Pennisetum glaucum* L.) é uma gramínea anual, pertencente à família das Poaceae, apresenta crescimento precoce, tolerância ao déficit hídrico, alta produção de biomassa, bom uso como cobertura verde, sistema radicular vigoroso, alta capacidade de absorção de nutrientes e elevada relação carbono/nitrogênio, o que torna a cultura promissora para a produção de alimentos na região Nordeste do Brasil, sendo, utilizado como forrageira em pastejo direto, fenação ou silagem (Marcante et al. 2011, Teixeira et al. 2014).

Por outro lado, a deficiência de nitrogênio (N) é um fator limitante para produção da gramínea no Nordeste do Brasil, em decorrência do elevado índice de aridez relacionada as condições edafoclimáticas que acarretam à baixa fertilidade dos solos, e por conseguinte, podem comprometer a expressão do potencial produtivo do milheto (Araújo Filho et al. 1995).

Sendo assim, o nitrogênio torna-se o principal nutriente utilizado para potencializar a produção da forrageira, sendo o manejo da adubação, fundamental para garantir o incremento de biomassa da cultura. A importância do nutriente se deve a participação do N no aumento da expansão celular e por ser componente estrutural em compostos orgânicos essenciais, tais como: aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, hormônios e pigmentos (clorofila), o que auxilia no crescimento e desenvolvimento da planta (Lavres Junior & Monteiro 2003, Jornada et al. 2008).

No entanto, o tipo de fonte de adubo nitrogenado empregado, pode promover desempenhos distintos na planta, em decorrência da época de aplicação, das doses de N, e do tipo de adubo, sendo a ureia e o sulfato de amônio os fertilizantes nitrogenados mais utilizados no Brasil. A ureia, possui vantagens no tocante a sua fabricação e preço, porém, limitações têm sido observadas devido a sua perda para o meio pelas raízes, por exsudação, pela parte aérea, por volatilização (principalmente na forma de amônia), por lixiviação de compostos solúveis na água das chuvas, ou mesmo por gutação (Trivelin et al. 2002, Teixeira Filho et al. 2010). O sulfato de amônio, por sua vez, não apresenta perdas por volatilização de N amoniacal quando o pH é inferior a 7, porém tem sua eficiência reduzida basicamente por conta da lixiviação de nitratos (Teixeira Filho et al. 2010).

Diante do exposto, buscou-se avaliar os comportamentos fisiológicos e produtivos do milheto, quando manejado sob diferentes doses e fontes de adubação nitrogenada para as condições do semiárido brasileiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de fevereiro a abril de 2019, em condições de pleno sol (unidade de produção de mudas), da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-brasileira (UNILAB), no município de Redenção, estado do Ceará, Brasil (4°13'5.97"S, 38°42'46.65"O e altitude 88,8 m). Segundo a classificação de Köppen, a área do experimento está localizada numa região de clima Aw'. Os dados que correspondem a distribuição das chuvas durante o período experimental estão representados na Figura 1.

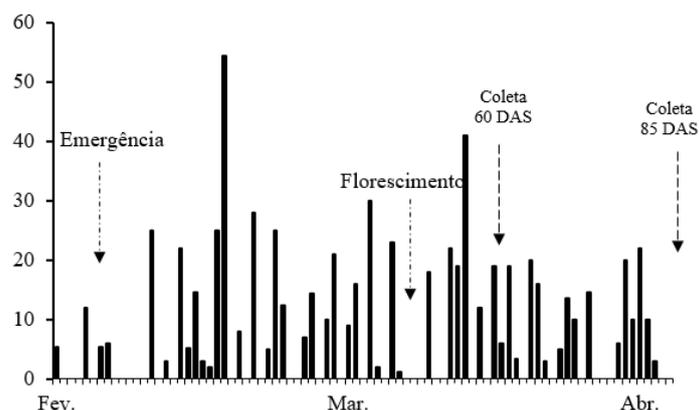


Figura 1. Valores diários de precipitação pluvial (mm), coletados na área experimental, durante o período de fevereiro a abril de 2019, e datas de emergência, florescimento e colheita em que a cultura do milho emergiu e atingiu o florescimento pleno. Redenção, CE.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5×2 [cinco doses de nitrogênio: 50%; 75%; 100%; 125% e 150%; duas fontes de N (ureia contendo 45% de N e sulfato de amônio contendo 20% de N, logo, as doses continham 40 kg ha^{-1} ; 60 kg ha^{-1} ; 80 kg ha^{-1} ; 100 kg ha^{-1} e 120 kg ha^{-1} , seguindo a recomendação N para o milho com fins de pastejo ou silagem; Pereira Filho et al. (2003)]; com quatro repetições, totalizando 40 unidades experimentais. A dose de 80 kg ha^{-1} de N para o milho, é uma dose média, utilizada devido a literatura abranger efeitos variados quando o nutriente é utilizado em doses elevadas, fator este, que pode ou não comprometer o crescimento do milho (Melo et al. 2015 e Fonteles et al. 2018).

A adubação nitrogenada foi parcelada em nove aplicações até o estágio de maturação dos grãos, que corresponde aos 85 dias após a semeadura (DAS), sendo aplicadas via fertirrigação, para a solução quando a quantidade de nutrientes é expressa em concentração (Medeiros et al. 2011). O parcelamento é adotado devido à baixa recuperação do nitrogênio proveniente dos fertilizantes pelas plantas, que aliada ao uso indiscriminado do nutriente, promove o aumento com o custo da cultura e pode causar problemas de poluição ambiental tanto na água como no ar (Rao et al. 1992).

A cultivar de milho utilizada foi a 'BRS-1501', lançada pela Embrapa Milho e Sorgo, apresenta bom uso para produção de massa seca em sistemas de plantio direto, possui polinização aberta, ciclo médio, boa capacidade de perfilhamento, recuperação na rebrota, além de adapta-se muito bem às condições de déficit hídrico e expressar bom potencial de produção de grãos (Pereira Filho, 2003).

As unidades experimentais foram compostas de vasos com volume de 25 L, onde o substrato utilizado foi obtido a partir da mistura de arisco, areia e esterco bovino na proporção 4:3:1, respectivamente, depois, foi retirada uma amostra do substrato e levado para análise de seus atributos químicos e físicos no laboratório de Física do Solo da Universidade Federal do Ceará. Os resultados da análise química e física do substrato antes da aplicação dos tratamentos foram: pH (H_2O) = 6,6; MO = $11,90 \text{ g dm}^{-3}$; P (Mehlich) = 16 mg dm^{-3} ; K = $0,14 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Ca = $4,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Mg = $1,9 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; S = $6,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Al = $0,20 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ = $1,98 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; C/N = $9 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; e V = 77 %. Em termos de composição, o solo consistia de 73%, 14% e 13% de areia, silte e argila respectivamente, e classificado com textura franco arenosa (Santos et al. 2018).

Para as adubações de fósforo (P) e potássio (K) foi adotada a dose de 30 kg ha⁻¹ e 40 kg ha⁻¹ na devida ordem, seguindo as recomendações de Pereira Filho et al. (2003), utilizando superfosfato simples (18% de P₂O₅) e cloreto de potássio (60% de K₂O), sendo as adubações de fósforo e potássio parceladas em três aplicações até estágio fenológico da maturação (60 DAS). Após a segunda aplicação de N, P e K, foi levado em consideração uma perda entre 20% a 30% dos nutrientes para o meio, devido à movimentação vertical dos elementos nos vasos, sendo o potássio mais sujeito a sofrer por perdas significativas por lixiviação conforme Oliveiras e Villas Boas (2008), logo as doses posteriores passaram a receber 20% a mais de nutrientes em cada adubação.

A semeadura foi realizada em linhas, sendo cinco linhas por vaso, utilizando-se em média 45 sementes por unidade experimental, com a finalidade de garantir o *stand* mínimo de plantas, sob a profundidade de 2 cm. O primeiro desbaste foi realizado aos dez dias após a semeadura (DAS). Após o estabelecimento das plantas, aos 30 DAS, foi realizado um segundo desbaste, deixando cinco plantas por touceira e quinze plantas por vaso, e aos 60 DAS foi realizado o terceiro desbaste deixando três plantas por touceira e nove plantas por vaso. Entre os manejos fitossanitários adotados citam-se monitoramento de pragas e doenças e controle manual de plantas daninhas.

Foram realizadas duas coletas para mensurar os dados de crescimento. A primeira aos 60 DAS quando as panículas se encontravam parcialmente maduras, com grãos pastosos a farináceos e parcialmente formados, e a segunda coleta de dados aos 85 DAS quando as panículas se encontravam maduras, com grãos totalmente formados e enrijecidos. Em ambas as coletas foram determinados o diâmetro do colmo (com utilização de paquímetro digital), área foliar (AF) usando o fator de correção 0,68 indicado por Payne et al. (1991) e a altura de plantas (medida com uma trena, do colo da planta que corresponde a 2 cm após a raiz à extremidade final da última folha).

Para a análise de biomassa total, o solo dos vasos foi revolvido e o sistema radicular das plantas retirado e lavado cuidadosamente para a retirada de resíduos de solo. O material vegetal da parte aérea e das raízes do milho foi acondicionado em sacos de papel e posteriormente seco em estufa com circulação forçada de ar a 65-70 °C até o peso constante. Em seguida, foi determinado a biomassa total por meio do peso de raiz, colmo, folhas e panícula, em balança semi-analítica.

A fisiologia do milho foi avaliada no estágio fenológico da maturação dos grãos aos 60 DAS, através da condutância estomática $-g_s$ (mmol H₂O m⁻² s⁻¹), taxa de assimilação de CO₂ - A (μmol m⁻² s⁻¹) e a transpiração $-E$ (mmol m⁻² s⁻¹), as medidas ocorreram entre 7:00 a.m e 10:00 a.m, com o uso do infrared gas analyzer (IRGA, com microprocessador, modelo LCpro-SD, ADC Bioscientific, UK) e a aplicação do medidor indireto de clorofila (Soil Plant Analysis Development, SPAD-502), nas folhas superiores do milho (Minolta 1989).

Os dados foram submetidos a análise de variância e de regressão, as equações foram selecionadas de acordo com a significância dos coeficientes ao nível de significância de 1% e 5% pelo teste F, e as médias submetidas ao teste de Tukey com 5% de probabilidade, através do programa ASSISTAT 7.7 BETA (Silva & Azevedo 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se a partir da análise estatística que as variáveis: área foliar aos 60 e 85(DAS), altura de plantas aos 60 e 85(DAS) e a biomassa de forragem total aos 60 e 85(DAS), foram influenciadas ($p \leq 0.01$) pela interação entre as fontes e as doses de N (Tabela 1). A variável diâmetro do colmo aos 85(DAS) foi influenciada ($p \leq 0.05$) pela interação entre as fontes e as doses de N, o que difere do diâmetro do colmo aos 60(DAS) que houve interação somente do fator quantitativo doses.

Tabela 1. Análise de variância pelo quadrado médio para as variáveis Área foliar (cm^2); Altura de plantas (cm); Diâmetro do colmo (mm) e Biomassa de forragem total (g) em função de diferentes fontes e doses de nitrogênio aos 60 (1) e 85(2) dias após a semeadura.

FV	GL	Quadrado Médio							
		AF ¹	AF ²	AP ¹	AP ²	DC ⁶ ¹	DC ²	BFT ¹	BFT ²
Doses	4	1796,39**	2014,32**	453,15**	937,20**	4,90**	5,61 ^{ns}	11,36 ^{ns}	81,54**
Fontes	1	2442,72**	1573,38**	276,68**	1046,40**	0,06 ^{ns}	53,54**	42,55**	783,22**
D x F	4	1528,24**	2632,70**	160,46**	847,71**	2,56 ^{ns}	9,36 *	28,64**	520,66**
Tratamento	9	1749,03**	2240,17**	303,45**	908,89**	3,34**	12,60**	22,51**	354,67**
Resíduo	31	79,33	67,20	29,51	94,12	1,02	2,53	4,53	2,36
C.V (%)	_	8,81	7,73	4,23	6,31	10,30	15,50	14,00	4,56

FV: Fontes de variação; GL: Graus de liberdade; *Significativo pelo teste F a 5%; ** Significativo pelo teste F a 1%; ns: não significativo; CV: Coeficiente de variação.

O diâmetro do colmo aos 60 DAS apresentou modelo polinomial em função das doses da adubação nitrogenada. A dose estimada para essa variável foi a de 88,75%, e o diâmetro máximo foi de 10,34 mm, constatando-se um incremento de 9% no valor da variável em relação a menor dose (Figura 2A). O resultado justifica-se porque o nitrogênio desenvolve papel fundamental no crescimento vegetativo, promovendo a expansão celular, estimulando o acréscimo no diâmetro do colmo consequentemente modificando a produção de massa seca, quando suprido em quantidades adequadas (Viana et al. 2011). O resultado corrobora com o trabalho de Cruz et al. (2008), onde doses acima de 80 kg ha^{-1} de N, não contribuíram para o aumento do diâmetro do colmo e altura de planta do milho.

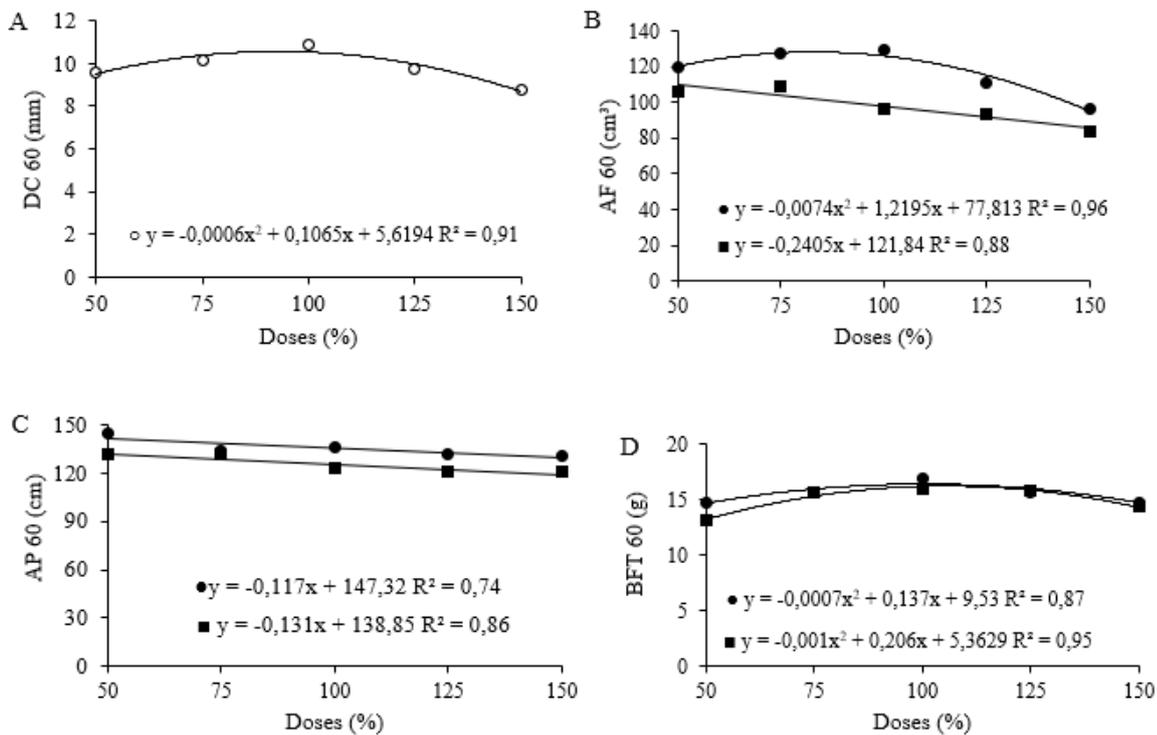


Figura 2. Diâmetro do colmo (A), Área foliar (B), Altura de plantas (C) e Biomassa de Forragem Total (D) de milheto submetidas à diferentes doses (○) e fontes de nitrogênio: Ureia (●) e Sulfato de amônio (■) aos 60 DAS.

Para a variável área foliar, os valores influenciados pelas doses de ureia se ajustaram ao modelo polinomial quadrático, onde a área foliar máxima foi de 128,05 cm² para uma dose estimada de 82,4%, constatando-se um incremento de 6% no valor da variável em relação a menor dose. Para as doses da fonte de sulfato de amônio, o modelo linear decrescente foi o que melhor se ajustou (Figura 2B).

Esse resultado mostra que a adubação nitrogenada tem efeito direto sobre a área foliar fotossintetizante como consequência do incremento da taxa de alongamento foliar, porém observa-se que, com o aumento das doses de N houve decréscimo na área foliar do milheto (Martuscello et al. 2006). O resultado difere dos observados por Rocha et. al (2017), onde a área foliar do milheto aumentou com a aplicação do nutriente, promovendo um acréscimo na taxa de alongamento foliar.

Para a variável altura de planta aos 60 DAS, o modelo linear decrescente foi o que melhor se ajustou, observando-se efeito entre as fontes de nitrogênio e as doses (Figura 2C). Observa-se que o nitrogênio estimulou o crescimento das plantas contribuindo para a expansão dos tecidos vegetais, porém, foi observado que, maiores doses de N levaram a um decréscimo no tamanho do milheto. Souza et al. (2006) ao avaliarem o efeito da adubação nitrogenada em diferentes cultivares de *Panicum maximum* Jacq, observaram resposta positiva das plantas para essa variável, porém salientaram que um aumento no porte das plantas interfere negativamente na relação folha/colmo e, conseqüentemente, compromete a qualidade da forragem.

A biomassa de forragem total aos 60 DAS apresentou modelo polinomial em função das doses e das fontes da adubação nitrogenada. A dose de ureia estimada para essa variável foi a

de 97,8%, e a biomassa máxima foi de 16,23 g, constatando-se um incremento de 10% no valor da variável em relação a menor dose, enquanto que a dose de sulfato de amônio atingiu seu ponto de máxima em 103%, proporcionando 15,97 g de biomassa, evidenciando um incremento de 17,57% no valor da variável em relação a menor dose (Figura 2D). A influência das fontes na biomassa total se contrapõem com os resultados observados por Góes et al. (2011), que ao avaliar a resposta do sorgo granífero na safrinha submetida a doses e fontes de nitrogênio em cobertura (ureia e sulfato de amônio), observaram que o sulfato de amônio aumentou a altura das plantas e conseqüentemente aumentou a produção de matéria seca em comparação à ureia.

O diâmetro do colmo aos 85 DAS mostrou comportamento linear crescente para o fator doses de ureia e comportamento linear decrescente para as doses de sulfato de amônio, ou seja, o maior diâmetro foi obtido na maior dose da fonte de ureia (Figura 3A). A variável diâmetro do colmo em um período de 60 DAS, mostrou melhor resposta a adubação, onde a dose de 88,75% de ureia promoveu o melhor resultado. Resultados semelhantes são observados por Mergener et al. (2019), que ao avaliarem o efeito de diferentes doses de ureia na cultura do milho, constataram que maiores doses promoveram maiores diâmetros do colmo no período reprodutivo da cultura.

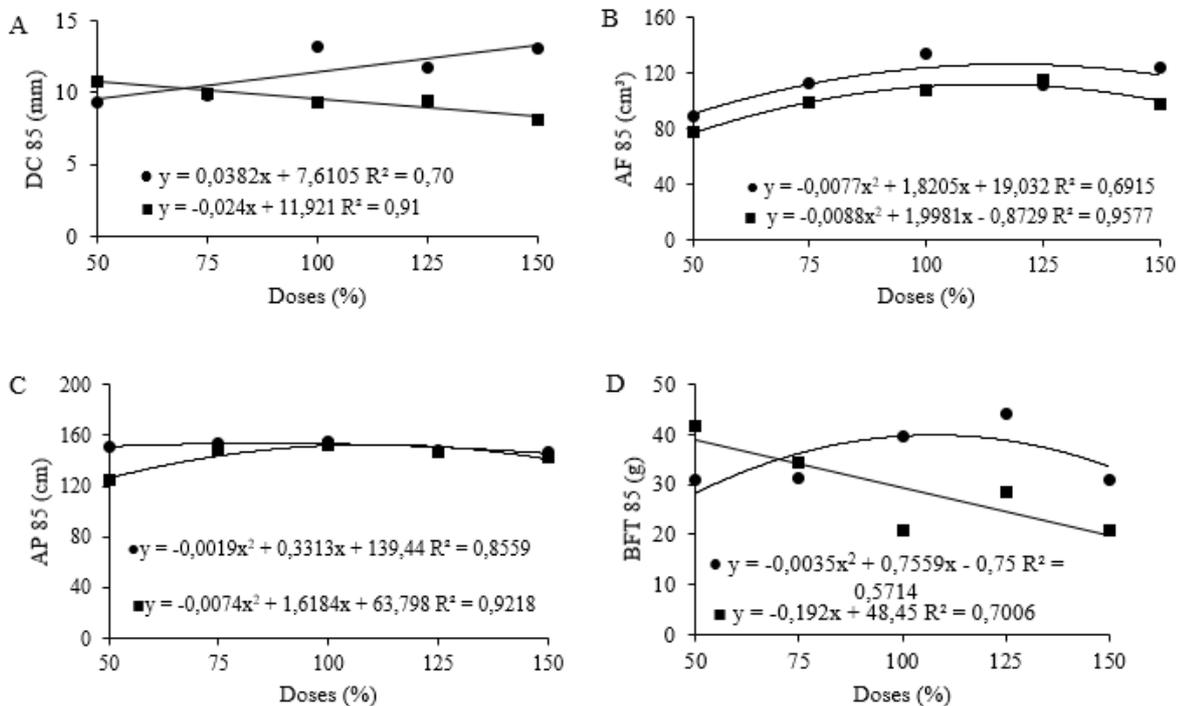


Figura 3. Diâmetro do colmo (A), Área foliar (B), Altura de plantas (C) e Biomassa de forragem total (D) de milho submetidas à diferentes doses (%) e fontes de nitrogênio: Ureia (●) e Sulfato de amônio (■) aos 85 DAS.

No entanto, a ureia pode ter apresentado menor quantidade de NH_3 perdido nos primeiros dias de incubação, sendo estes resultados consequência do maior tempo de permanência do N do fertilizante na forma de ureia, bem como da alteração no fluxo de $N-NH_4^+$, que somados são fatores que permitem maior eficiência de uso do N do fertilizante (Faria 2013). A ureia possui o N em forma de nitrato que é predominante no processo de absorção, o nitrogênio absorvido na forma de nitrato pode ser armazenado no vacúolo das

células ou metabolizado, ao passo que o amônio 25 absorvido deve ser metabolizado em sua totalidade, pois não se acumula na planta, dada sua toxidez (Silva et al. 2010). Por conta disso, provavelmente a ureia teve um comportamento superior do que o AS.

A área foliar aos 85 DAS apresentou modelo polinomial em função das doses e das fontes da adubação nitrogenada. A dose de ureia estimada para essa variável foi a de 118,2 %, para uma área máxima de 126,63 cm³, obtendo-se um incremento de 28% no valor da variável em relação a menor dose, enquanto que o sulfato de amônio atingiu seu ponto de máxima de 112,54 cm³ de área foliar em uma dose de 113,53%, obtendo-se um incremento de 32% se comparado a menor dose (Figura 3B). As plantas mostraram resposta a adubação nitrogenada, porém atingiram resultados similares em uma menor dose, subentende-se que a cultura necessitou de maiores doses de N devido a produção de grãos.

A adubação nitrogenada é responsável pelo aumento e recuperação da área foliar. De acordo com Gastal & Nelson (1994), o efeito do N na taxa de alongamento foliar decorre do maior acúmulo deste nutriente na zona de alongamento da folha, mais precisamente na região de divisão celular, esses autores constataram alta correlação entre a quantidade de N contida nessa região e a taxa de expansão foliar no capim Festuca. De igual modo, Santos Júnior & Monteiro (2003) verificaram que a área foliar do capim-marandu foi alterada positivamente pela aplicação de doses de N.

A superioridade da AF com a fonte ureia durante o período experimental (60 e 85 DAS) possivelmente está relacionado a precipitação ocorrida (71 mm). Cantarella et al. (2001) observaram que as perdas de N-uréia são maiores nos três primeiros dias após a aplicação superficial, o que pode variar conforme os períodos de coleta. Para que os adubos fiquem conservados na superfície do solo, torna-se necessário que a irrigação ou a chuva sejam de intensidade suficiente para que os adubos possam ser rapidamente incorporados dentro do solo para um melhor aproveitamento por parte da planta, como observado por Cantarella (1999), onde a aplicação de 30 kg/ha de N (ureia) na semeadura produziu resultados semelhantes ao da aplicação em cobertura na cultura do milho safrinha. O autor explica que isto deveu-se à pequena perda por lixiviação de nitrato, por causa da incidência de chuvas no período de safrinha.

A variável altura de planta aos 85 DAS apresentou modelo polinomial em função das doses e das fontes da adubação nitrogenada. A dose de ureia estimada para essa variável foi a de 87,18%, e a altura máxima foi de 153,88 cm, enquanto que a dose de sulfato de amônio atingiu sua altura máxima em 152,22 cm em uma dose de 109,35%, constatando-se um incremento de 2% e 17% no valor da variável em relação a menor dose respectivamente (Figura 3C). Aratani et al. (2006) também não obtiveram resposta para a altura de plantas de milho em diferentes doses de ureia. Assim como em um período de 60 DAS, o milho mostrou melhor resposta por parte da fonte de ureia.

Para o fator quantitativo doses de ureia, a variável biomassa de forragem total aos 85 DAS ajustou-se a uma equação polinomial do segundo grau, enquanto que a fonte de sulfato de amônio ajustou-se de forma linear decrescente em relação a BFT. A dose estimada para a dose de ureia foi aproximadamente de 108%, e a BFT máxima foi de 40 g, obteve um incremento de 29% no valor da variável em relação a menor dose, sendo que o sulfato de amônio obteve resultado semelhante na dose de 50% (Figura 3D). A idade da planta pode ter interferido na eficiência fotossintética, uma vez que, as folhas tendem a ficar mais amareladas, reduzindo o teor de clorofila o que reflete na produção de biomassa.

Lara Cabezas et al. (2005) verificaram na cultura do milho, que independentemente da época de aplicação, o sulfato de amônio proporciona acréscimos significativos, em relação à aplicação da ureia, essa resposta se deve ao fato da maior eficiência do fertilizante ao propiciar perdas desprezíveis de N-NH₃ quando o pH do solo é inferior a 7, aliado a presença do enxofre que contribui em uma melhor resposta pela planta, porém o resultado diferiu da BFT aos 60 DAS. O resultado se contrapõe ao observado por Vitor et al. (2009), onde a produção de matéria seca acumulada aumentou linearmente de acordo com as doses de nitrogênio em pastagem de capim-elefante

As variáveis fisiológicas condutância estomática - g_s (mmol H₂O m⁻² s⁻¹) e teor de clorofila SPAD-502 foram influenciadas pela interação entre as fontes e as doses de N, enquanto que as variáveis taxa de assimilação de CO₂ - A (μmol m⁻² s⁻¹) e transpiração - E (mmol m⁻² s⁻¹) foram influenciadas somente pelo fator quantitativo doses (Tabela 2).

Tabela 2. Análise de variância pelo quadrado médio para as variáveis condutância estomática - g_s (mmol H₂O m⁻² s⁻¹), taxa de assimilação de CO₂ - A (μmol m⁻² s⁻¹), transpiração - E (mmol m⁻² s⁻¹) e teor de clorofila SPAD-502 em função de diferentes fontes e doses de nitrogênio aos 60 dias após a semeadura.

FV	GL	Quadrado Médio			
		g_s	A	E	SPAD
Doses	4	0,04**	65,77**	1,29**	78,96**
Fontes	1	0,04*	3,14 ^{ns}	0,11 ^{ns}	35,30**
D x F	4	0,03**	1,94 ^{ns}	0,21 ^{ns}	34,57**
Tratamento	9	0,03**	30,44**	0,68**	54,38**
Resíduo	31	0,05	7,46	0,21	2,93
C.V (%)	—	18,27	9,52	13,38	3,81

FV: Fontes de variação; GL: Graus de liberdade; *Significativo pelo teste F a 5%; ** Significativo pelo teste F a 1%; ns: não significativo; CV: Coeficiente de variação.

A taxa de assimilação de CO₂, ajustou-se a uma equação polinomial do segundo grau de forma decrescente para o fator doses da adubação nitrogenada. A dose estimada para essa variável foi a de 62,8 %, e uma taxa de assimilação de 32,34 μmol CO₂ mol⁻¹ (Figura 4A). Cândido et al. (2005) verificaram que a taxa de assimilação é uma variável intimamente ligada a relação folha/colmo no capim-Mombaça. Nesse período, ambas as variáveis de crescimento se mostraram sensíveis a altas dosagens de N, sendo que o colmo (diâmetro e altura) reduziu seu potencial expressivo frente a altas quantidades de N, logo, presume-se que a A do milheto mostraria comportamento semelhante em função desta relação.

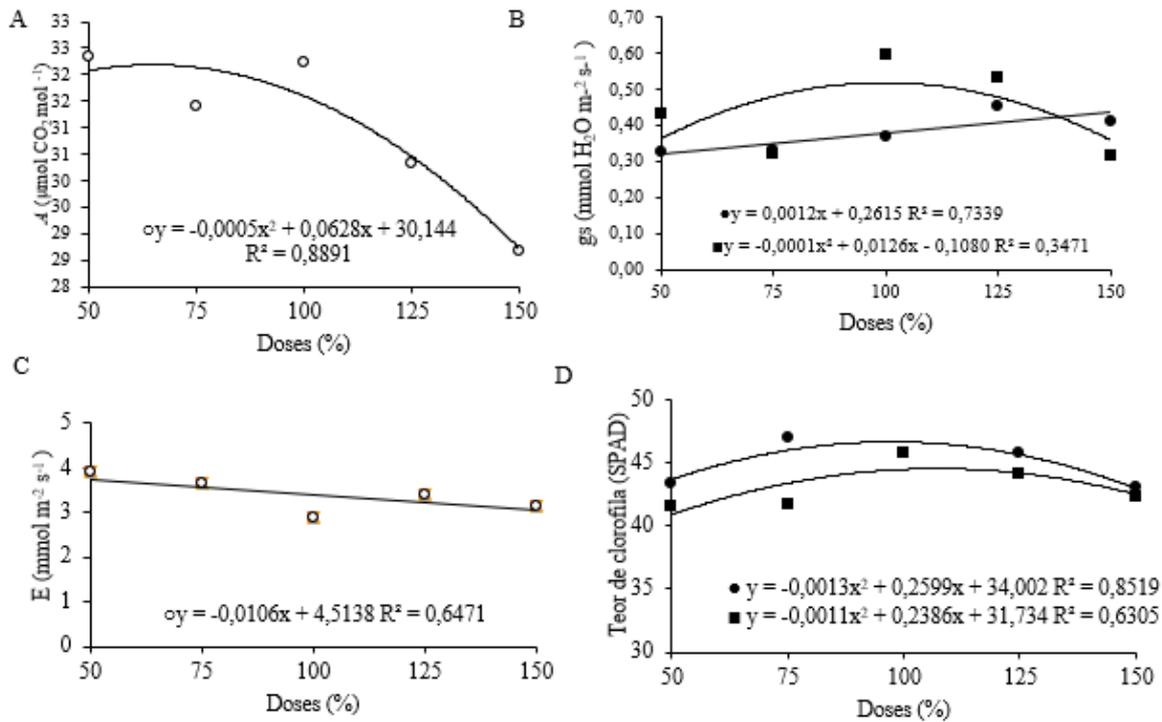


Figura 4. Taxa de assimilação de CO_2 (A), Condutância estomática (B), Transpiração (C) e Teor de clorofila - SPAD (D) de milho submetidas à diferentes doses (\circ) e fontes de nitrogênio: Ureia (\bullet) e Sulfato de amônio (\blacksquare) aos 85 DAS.

Valores elevados desta associação nas forrageiras indicariam que houve maior alocação de fotoassimilados e seus derivados, para maior produção de folhas, em detrimento da produção de colmos, no caso do milho, constatou-se uma menor taxa de assimilação, o que implica dizer que as plantas investiram mais na expansão do colmo (Jakelaitis et al. 2010).

Acentua-se que, o agrupamento em vasos pode ter proporcionado condições de competição por luz devido o porte do milho, segundo Kephart et al. (1992), geralmente as plantas forrageiras destinam maior quantidade de carboidratos para manter ou aumentar a área foliar e o comprimento dos colmos, em resposta ao sombreamento, implicando em uma menor taxa de assimilação em um período que compreende o final do crescimento vegetativo.

A variável condutância estomática aos 60 DAS, ajustou-se a uma equação polinomial do segundo grau para o fator quantitativo doses de sulfato de amônio, sendo que a dose máxima foi de 63% em uma g_s de $0,3 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, enquanto que a dose de ureia ajustou-se de forma linear crescente (Figura 4B).

O resultado se assemelha aos observados por Pompeu et al. (2010) que avaliaram o capim-Aruana submetido a doses crescentes de nitrogênio (0; 125; 250 e 375 mg dm^3), observando efeito de interação da adubação nitrogenada para a condutância estomática, sendo que quanto maior a dose de N, maior o valor da g_s . Rodrigues et al. (2012) por sua vez, ao avaliarem o efeito da adubação nitrogenada em doses crescentes (0; 75; 150 e 225 mg dm^3) no capim *Brachiaria brizantha* 'Xaraés', observaram que a condutância estomática não foi influenciada pelas doses de N em diferentes estágios vegetativos.

A transpiração aos 60 DAE ajustou-se de forma linear decrescente para o fator quantitativo doses, ou seja, à medida que a dose de N aumentou a transpiração apresentou decréscimo em um período de 60 DAE (Figura 4C). A transpiração é um dado fisiológico intimamente relacionado a área foliar, tal resposta deve-se ao maior alongamento foliar proporcionado pelo nitrogênio, que eleva a capacidade fotossintética e constitui o mecanismo primário de regulação da temperatura da folha, dissipando parte da energia proveniente da radiação solar (Ovinos 2012).

Bataglia (1985) observou na cultura do sorgo, que a taxa de transpiração está associada a valores mais baixos de resistência estomática e teores mais altos de solutos e N nos tecidos das folhas, sendo a perda de água por transpiração controlada por meio de movimentação estomática, que, por sua vez, parece bastante dependente da concentração de solutos e N nas folhas. Observa-se que em um período de 60 DAS, o milheto não apresentou resposta positiva para o aumento das doses para a variável área foliar, o que implica dizer que a transpiração tenha sido influenciada em função da AF em um período próximo.

O teor de clorofila (SPAD) aos 60 DAS, apresentou modelo polinomial quadrático em função das doses e das fontes da adubação nitrogenada. A dose de ureia estimada para essa variável foi a de 100%, e o teor de clorofila foi de 47, constata-se um incremento de 10% no valor da variável em relação a menor dose, enquanto que a dose de sulfato de amônio atingiu seu ponto de máxima em 44,67 em uma dose de 108,45%, constata-se um incremento de 10% no valor da variável em relação a menor dose (Figura 4D).

Geralmente o que se encontra é uma elevação da taxa fotossintética nas doses de até 100% de nitrogênio, que é reflexo de incrementos, tanto na fase fotoquímica, como na fase bioquímica. O efeito positivo sobre a taxa fotossintética pode ter decorrido do maior estímulo à atividade enzimática e da maior síntese da enzima ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase (Rubisco), responsável pela fotossíntese, associado ao estímulo na taxa de transpiração foliar, que favorece a fotossíntese da planta, enfatiza-se ainda, que mais clorofila é sintetizada com o aumento na disponibilidade de nitrogênio para a planta, resultando em incremento da intensidade do verde nas folhas (Cabrera-bosquet et al. 2009).

O teor de clorofila no milheto apresentou melhor resposta da fonte de ureia o que se contrapõe aos resultados observados por Theago et al. (2014), onde tanto o sulfato de amônio quanto a ureia não mostraram influência sobre esta variável, observa-se que em um período semelhante as plantas obtiveram melhores resultados por parte da assimilação da ureia.

CONCLUSÕES

1. Altas doses de nitrogênio diminuem a produção de biomassa de forragem total aos 60 e 85 DAS, devido o encurtamento do ciclo de produção;
2. A dose de N com 63% proporciona a planta maior taxa de assimilação de CO₂ e condutância estomática.

REFERÊNCIAS

ARATANI, R. G. et al. Adubação nitrogenada de cobertura na cultura do milho irrigado, em sistema plantio direto. *Revista científica eletrônica de agronomia*, v. 5, p. 1-10, 2006.

ARAÚJO FILHO, J.A., et al. Pastagens no semiárido: Pesquisa para o desenvolvimento sustentável. In: SIMPOSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSSISTEMAS BRASILEIROS: Pesquisa para o desenvolvimento sustentável, 1995. Brasília, DE Anais... Brasília:SBZ, 1995. p.63-75.

BATAGLIA, O. C. et al. Adubação nitrogenada e ajustamento osmótico em milho e sorgo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 20, n. 6, p. 659-665, 1985.

CABRERA-BOSQUET, L. et al. Photosynthetic capacity of field-grown durum wheat under different N availabilities: A comparative study from leaf to canopy. *Environmental and Experimental Botany*, v. 67, n. 1, p. 145–152, 2009.

CÂNDIDO, M. J. D. et al. Duração do período de descanso e crescimento do dossel de *Panicum maximum* 'Mombaça' sob lotação intermitente. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.2, p.398-405, 2005.

CANTARELLA, H. Adubação do milho "safrinha". In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO SAFRINHA, 5., 1999, Barretos. Anais... Campinas: Instituto Agrônômico, 1999. p. 15-24.

CANTARELLA, H. et al. Perdas diárias de amônia por volatilização, de duas fontes de adubo nitrogenado aplicadas na superfície de pastagem de capim Coastcross (*Cynodon dactylon* 'Coastcross'. In: Embrapa Pecuária Sudeste-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba, SP. Anais... Piracicaba: SBZ, 2001. p. 330-331., 2001.

CRUZ, S. C. S. et al. Adubação nitrogenada para o milho cultivado em sistema plantio direto, no Estado de Alagoas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 12, n. 1, p.62-68, 2008.

FARIA, L. A. Dinâmica do nitrogênio proveniente de ureia combinada a tecnologias redutoras de volatilização. 2013. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

FONTELES, J. L.V. et al. Doses de adubação nitrogenada no cultivo do milheto em ambiente semiárido. 2018.

GASTAL, F. & NELSON, C.J. Nitrogen use within the growing leaf blade of tall fescue. *Plant Physiol.*, 105:191-197, 1994.

JAKELAITIS, A. et al. Cultivares de milho e de gramíneas forrageiras sob monocultivo e consorciação. *Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)*, p. 10.5216/pat. v40i4. 5924-10.5216/pat. v40i4. 5924, 2010.

JORNADA, J. B. J. et al. Efeito da irrigação, épocas de corte da forragem e doses de nitrogênio sobre a qualidade de sementes de milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke). *Revista Brasileira de Sementes*, Londrina, v. 30, n. 3, p. 10-15, 2008.

KEPHART, K. D. et al. Growth of C3 and C4 perennial grasses in reduced irradiance. *Crop Science*, Madison, v. 32, n. 4, p. 1033-1038, 1992.

LARA CABEZAS, W.A.R. et al. Imobilização de nitrogênio da ureia e do sulfato de amônio aplicado em pré-semeadura ou cobertura na cultura de milho, no sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.29, p.215-226, 2005.

LAVRES JUNIOR, J.; MONTEIRO, F. A. Perfilhamento, área foliar e sistema radicular do capim-Mombaça submetido a combinações de doses de nitrogênio e potássio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 1068-1075, 2003

MARCANTE, N. C. et al. Teores de nutrientes no milho como cobertura de solo. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 27, n. 2, p. 196-204, 2011.

MARTUSCELLO, J. A. et al. Características morfogênicas e estruturais de capim-massai submetido a adubação nitrogenada e desfolhação. Embrapa Pecuária Sudeste-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2006.

MEDEIROS, J. F. et al. *Determinação e preparo da solução de fertilizantes para fertirrigação. Embrapa Mandioca e Fruticultura-Capítulo em livro científico (ALICE)*, 2011.

MERGENER, R. A. et al. Aumento do diâmetro do colmo de milho em função de doses de nitrogênio. Seminário de Iniciação Científica, Seminário Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão e Mostra Universitária, p. e22659-e22659, 2019.

MELO, N. C. et al. Crescimento e eficiência nutricional do nitrogênio em cultivares de milho forrageiro na amazônia. *Revista Caatinga*, v. 28, n. 3, p. 68-78, 2015.

MINOLTA, C. *Manual for chlorophyll meter SPAD-502. Osaka:Minolta Radiometric Instruments Divisions*, 1989. 22p.

OLIVEIRA, M. V. A. M.; VILLAS BOAS, R. L. Uniformidade de distribuição do potássio e do nitrogênio em sistema de irrigação por gotejamento. *Revista Engenharia Agrícola*, v. 28, n. 1, p. 95-103, 2008.

OVINOS, N. E. P. por. 3 capítulo ii: *Trocas gasosas em capim-massai adubado com. Centro de ciências agrárias departamento de zootecnia*, p. 40, 2012.

PAYNE, W.A. et al. Estimating pearl millet leaf area and specific leaf area. *Agronomy Journal*, Madison, v.83, p.937-941, 1991.

PEREIRA FILHO, I. A. et al. Manejo da cultura do milho. Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 2003.

POMPEU, R.C.F.F. et al. Características morfofisiológicas do capim-aruaana sob diferentes doses de nitrogênio. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.11, n.4, p.1187-1210, 2010.

RAO, A.C.S.; SMITH, J.L.; PARR, J.F.; PAPENDICK, R.I. Considerations in estimating nitrogen recovery efficiency by the difference and isotopic dilution methods. *Fertilizer Research*, v.33, p.209-217,1992.

ROCHA, J. M. L. R. et al. Características agronômicas do milheto sob efeito de nitrogênio nos sistemas consorciado e monocultivo. *Tecnologia e Ciência Agropecuária*, João pessoa, v.11, n. 1, p. 35-41, 2017.

RODRIGUES, R. C. et al. Produção e morfofisiologia do capim *Brachiaria brizantha* 'xaraés' sob doses de nitrogênio e fósforo. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v. 2, n. 1, 2012.

SANTOS, H. G. et al. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SANTOS JÚNIOR, J.D.G. & MONTEIRO, F.A. Nutrição de capim-marandu submetido a doses de nitrogênio e idade de crescimento. *B. Ind. Anim.*, 60:139-146, 2003.

SILVA, P. C. C. et al. Efeito dos íons amônio e nitrato no desenvolvimento do girassol em solução nutritiva. *Revista da FZVA*, v. 17, n. 1, 2010.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The assistat software version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. *African Journal of Agricultural Research*. v.11, n.39, p.3733-3740, 2016.

SOUZA, C. G. et al. Medidas produtivas de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. submetidos a adubação nitrogenada. *Revista Caatinga*, v. 19, n. 4, 2006.

TEIXEIRA, R. A. et al. Grasses and legumes as covers crop in no-tillage system in northeastern Pará Brazil. *Acta Amazônica*, v. 44, n. 4, p. 411 –418, 2014.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M. et al. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo irrigado em plantio direto. *Pesquisa agropecuária brasileira*, p. 797-804, 2010.

THEAGO, E. Q. et al. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio influenciando teores de clorofila e produtividade do trigo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 38, n. 6, p. 1826-1835, 2014.

VIANA, M. C. M. et al. Adubação nitrogenada na produção e composição química do capim-braquiária sob pastejo rotacionado. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(7):1497-1503, 2011.

VITOR, C. M. T. et al. Produção de matéria seca e valor nutritivo de pastagem de capim-elefante sob irrigação e adubação nitrogenada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 38, n. 3, p. 435-442, 2009.