

**Uso cíclico das fontes de nitrogênio no cultivo de milheto**  
**Cyclic use of nitrogen sources in millet crops**  
**Uso cíclico de las fuentes de nitrógeno en el cultivo de mijo**

Recebido: 24/06/2020 | Revisado: 01/07/2020 | Aceito: 03/07/2020 | Publicado: 16/07/2020

**Andrey Lohan Barbosa Albuquerque**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7975-6745>

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Brasil

E-mail: [abcsc1997@gmail.com](mailto:abcsc1997@gmail.com)

**Silas Primola Gomes**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0577-1563>

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Brasil

E-mail: [silas.primola@unilab.edu.br](mailto:silas.primola@unilab.edu.br)

**Geocleber Gomes de Sousa**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1466-6458>

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Brasil

E-mail: [sousagg@unilab.edu.br](mailto:sousagg@unilab.edu.br)

**Jefte Arnon de Almeida Conrado**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9470-0416>

Universidade Federal do Ceará, Brasil

E-mail: [jefte\\_arnon@hotmail.com](mailto:jefte_arnon@hotmail.com)

**João Guilherme Justino da Costa**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5664-7191>

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Brasil

E-mail: [joaosabido12@gmail.com](mailto:joaosabido12@gmail.com)

**Patrícia Guimarães Pimentel**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6037-5232>

Universidade Federal do Ceará, Brasil

E-mail: [pgpimentel@hotmail.com](mailto:pgpimentel@hotmail.com)

**Amanda Cardoso Rocha**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3627-3353>

Universidade Federal do Ceará, Brasil

E-mail: [amandarocha0796@gmail.com](mailto:amandarocha0796@gmail.com)

**Carla Ingryd Nojosa Lessa**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7793-9150>

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Brasil

E-mail: [ingryd.nojosal@gmail.com](mailto:ingryd.nojosal@gmail.com)

## **Resumo**

Objetivou-se avaliar o uso cíclico de diferentes fontes de nitrogênio sobre as características morfológicas e a produção de matéria seca (MS) de milheto. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos: M0 – sem aplicação de nitrogênio; MU85 – ureia ciclo completo; MSA85 – sulfato de amônia ciclo completo; MSA43U85 – sulfato de amônia até 43 dias e ureia de 44 a 85 dias e MU43SA85 – ureia até 43 dias e sulfato de amônia de 44 a 85 dias e sete repetições. Para produção de MS da raiz e diâmetro do colmo aos 65 e 85 dias após a semeadura (DAS), verificou-se efeito da adubação nitrogenada e do uso cíclico das fontes. A área foliar aos 60 DAS foi afetada positivamente, sendo superiores os tratamentos MU85 e MSA43U85. Aos 85 DAS observou-se efeito da adubação nitrogenada, porém, sem diferença entre os tratamentos que receberam nitrogênio. A variável altura de plantas, aos 60 e 85 DAS, foi afetada pela adubação nitrogenada e pelo uso cíclico das fontes, com exceção do tratamento MSA85 e de MU43SA85, respectivamente nas duas fases. A adubação e o uso das fontes afetaram a produção de MS aos 60 DAS em todos os tratamentos, sendo superiores os tratamentos MU85 e MSA43U85. Aos 85 DAS a produção de MS foi superior em todos os tratamentos contendo nitrogênio. O uso cíclico de diferentes fontes de nitrogênio afetou positivamente as características morfológicas e a produção de matéria seca do milheto, sendo os melhores resultados os tratamentos MU85 e MSA43U85.

**Palavras-chave:** Adubação nitrogenada; Forragem; Nutrição de plantas; Sulfato de amônio; Ureia.

## **Abstract**

The objective was to evaluate the cyclic use of different nitrogen sources on the morphometric characteristics and dry matter (DM) production of millet. A completely randomized design with five treatments was adopted: M0 - without nitrogen application; MU85 – only urea; MSA85 – only ammonium sulfate; MSA43U85 - ammonium sulfate up to 43 days and urea from 44 to 85 days and MU43SA85 - urea up to 43 days and ammonium sulfate from 44 to 85 days and seven repetitions. For DM production of the root and stem diameter at 65 and 85 days after seeding (DAS), there was an effect of nitrogen fertilization

and cyclical use of the sources. The leaf area at 60 DAS was positively affected, with the MU85 and MSA43U85 treatments being superior. At 85 DAS, an effect of nitrogen fertilization was observed, however, with no difference between treatments that received nitrogen. The plant height variable, at 60 and 85 DAS, was affected by nitrogen fertilization and by the cyclical use of the sources, except for MSA85 and MU43SA85 treatment, respectively in the two phases. Fertilization and use of the sources affected the DM production at 60 DAS in all treatments, with the MU85 and MSA43U85 treatments being superior. At 85 DAS, DM production was higher in all treatments containing nitrogen. The cyclic use of different nitrogen sources positively affected the millet's morphometric characteristics and dry matter production, with the MU85 and MSA43U85 treatments being the best results.

**Keywords:** Nitrogen fertilization; Forage; Plant nutrition; Ammonium sulfate; Urea.

### **Resumen**

El objetivo fue evaluar el uso cíclico de diferentes fuentes de nitrógeno en las características morfológicas y la producción de materia seca (MS) del mijo. Se adoptó un diseño completamente al azar con cinco tratamientos: M0 - sin aplicación de nitrógeno; MU85 – solamente urea; MSA85 – solamente sulfato de amonio; MSA43U85 - sulfato de amonio hasta 43 días y urea de 44 a 85 días y MU43SA85 - urea hasta 43 días y sulfato de amonio de 44 a 85 días y siete repeticiones. La producción de MS de raíz y diámetro del tallo a los 65 y 85 días después de la siembra (DDS), fueron afectados. El área foliar a 60 DDS se vio afectada positivamente, siendo los tratamientos MU85 y MSA43U85 superiores. A los 85 DDS, se observó un efecto de la fertilización, sin diferencias entre los tratamientos que recibieron nitrógeno. La variable altura de la planta, a 60 y 85 DDS, se vio afectada por la fertilización y también por el uso cíclico de las fuentes, con la excepción del tratamiento MSA85 y MU43SA85. La fertilización y el uso de las fuentes afectaron la producción de DM a 60 DDS en todos los tratamientos, siendo los tratamientos MU85 y MSA43U85 superiores. A 85 DDS, la producción de DM fue mayor en todos los tratamientos que contenían nitrógeno. El uso cíclico de diferentes fuentes de nitrógeno afectó positivamente las características morfológicas del mijo y la producción de MS, siendo los tratamientos MU85 y MSA43U85 los mejores resultados.

**Palabras clave:** Fertilización nitrogenada; Forraje; Nutrición vegetal; Sulfato de amonio; Urea.

## 1. Introdução

As regiões semiáridas do mundo são caracterizadas por possuir baixa produção de biomassa de forragem, isso, em função da baixa precipitação pluviométrica e da irregularidade na distribuição das chuvas, resultando em perdas na agropecuária. O semiárido brasileiro não destoa dessa problemática, onde se buscam alternativas para maximizar a produção animal e vegetal (Campos, Santos & Benedetti, 2011). Como possíveis soluções para melhorar a produtividade na região teríamos a introdução de culturas mais resistentes ou tolerantes à seca, e um manejo cultural diferenciado, a fim de garantir alimento que atenda às necessidades de manutenção e produção do animal.

O milheto (*Pennisetum glaucum*) se apresenta como uma forrageira de metabolismo C<sub>4</sub>, moderadamente resistente a seca, ciclo curto, crescimento rápido, com boa capacidade de rebrota e perfilhamento, alto valor nutritivo e por conta de sua origem africana, é adaptado para condições como solos com baixo pH, alta salinidade e tolerância a baixa fertilidade, entretanto, apresenta alta produção em solos férteis ou adubados (Silva *et al.* 2012). Sua produção pode se destinar tanto ao uso como forragem verde para pastejo, para armazenamento e uso posterior na forma de silagem ou para a produção de grãos.

Além da avaliação de cultivares adaptados às condições da região, as características do solo e a deficiência de nutrientes específicos podem afetar o desenvolvimento e a produtividade das plantas forrageiras. Destaca-se nesse contexto a deficiência de nitrogênio (N) como fator limitante para produção das gramíneas, podendo comprometer o crescimento e a produtividade de biomassa (Melo, Fernandes & Galvão, 2015). Desta forma, a adubação de N é uma importante ferramenta para otimizar a produção de matéria seca (MS), sendo o nutriente responsável por promover a expansão celular, o desenvolvimento da parte aérea da planta, além de ser componente essencial de pigmentos e proteínas, com grande efeito sobre a fisiologia do vegetal (Taiz, Zeiger, Moller & Murphy, 2017).

A adubação nitrogenada tem sido utilizada como forma de potencializar a produção de biomassa de forragem, no entanto, essa produção pode variar de acordo com a dose e o tipo de fonte de nitrogênio (N) empregada. As principais fontes utilizadas na produção de forrageiras são a ureia e o sulfato de amônio, que normalmente promovem respostas positivas nas características agrônômicas dessas plantas (Costa *et al.*, 2020; Oliveira *et al.* 2016).

A ureia é o fertilizante nitrogenado mais utilizado no Brasil, apresentando vantagens comparativas em termos econômico e de fabricação, no entanto o fertilizante apresenta limitações em sua aplicação, em razão de perdas por volatilização de N amoniacal. Já o

sulfato de amônio pode não sofrer perdas por volatilização de N amoniacal, quando o pH é inferior a 7, contudo, tem sua eficiência reduzida basicamente pela lixiviação de nitratos (Theago *et al.*, 2014). Tais diferenças, entre as fontes, precisam ser investigadas no cultivo do milho, bem como formas e momento de aplicação e alternância entre as fontes, com o objetivo de aumentar a eficiência da adubação nitrogenada e o rendimento da cultura.

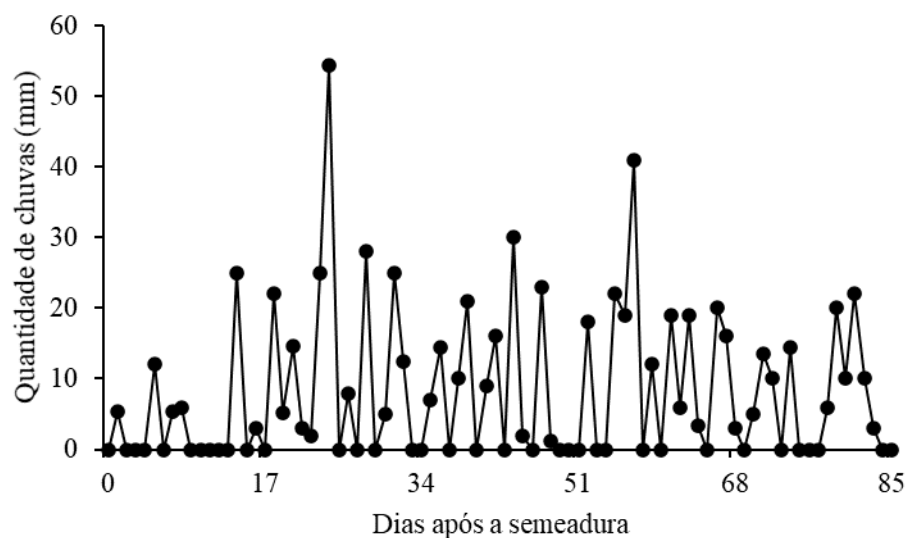
Diante do exposto, buscou-se avaliar o uso cíclico de diferentes fontes de nitrogênio sobre as características morfométricas e a produção de matéria seca (MS) de milho.

## 2. Metodologia

O experimento foi conduzido a pleno sol entre os meses de janeiro a maio de 2019, na Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-brasileira (UNILAB), em sua unidade de produção de mudas (UPMA), localizada no município de Redenção, estado do Ceará, Brasil (4°13'5.97"S, 38°42'46.65"O e altitude 88,8 m). A região apresenta clima predominante tipo Aw (classificação Köppen), com médias anuais de temperatura e pluviosidade de 27°C e 1062,0 mm, respectivamente.

A precipitação pluviométrica, durante o período experimental, pode ser observada na Figura 1.

**Figura 1.** Precipitação pluviométrica (mm) observada durante o período experimental.



Fonte: Autor (2020).

As unidades experimentais foram vasos com volume de 25 L, contendo substrato obtido a partir da mistura de arisco, areia e esterco bovino na proporção 4:3:1, respectivamente. A análise química do substrato, antes da aplicação dos tratamentos, esta apresentada na Tabela 1.

**Tabela 1.** Características químicas do substrato.

MO	N	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup>	C/N	pH	V
(g dm <sup>-3</sup> )	(mg dm <sup>-3</sup> )		(cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )						H <sub>2</sub> O	(%)	
11,9	0,41	16,0	0,14	4,5	1,9	0,26	1,98	0,2	9,0	6,6	77

Fonte: Autor (2020).

Adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado com cinco tratamentos: M0 – sem aplicação de nitrogênio; MU85 – ureia ciclo completo; MSA85 – sulfato de amônia ciclo completo; MSA43U85 – sulfato de amônia até 43 dias e ureia de 44 a 85 dias e MU43SA85 – ureia até 43 dias e sulfato de amônia de 44 a 85 dias, envolvendo duas fontes de nitrogênio (ureia contendo 45% de N e sulfato de amônio contendo 20% de N) com sete repetições.

As doses de N, P e K foram definidas considerando-se as recomendações de Pereira Filho *et al.* (2003), com base no uso do milheto para fins de pastejo ou silagem, sendo aplicadas via fertirrigação e parceladas em nove aplicações. Para a adubação nitrogenada adotou-se a dose de 80 kg de N ha<sup>-1</sup>, desde o oitavo dia pós emergência até seu período ótimo de corte para silagem, aos 85 dias após a semeadura (DAS). Para as adubações de P e K foram adotadas as doses de 30 kg ha<sup>-1</sup> e 40 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, utilizando superfosfato simples (18% de P) e cloreto de potássio (60% de K).

Foi utilizada a cultivar de milheto BRS-1501, sendo a semeadura realizada em cinco linhas por vasos, utilizando-se em média 45 sementes, com a finalidade de garantir o stand mínimo de plantas em cada unidade experimental, na profundidade de 2 cm. Dez dias após a emergência realizou-se o desbaste deixando três plantas por touceira e nove plantas por vaso.

Durante o experimento de campo, foram realizadas duas amostragens para mensurar os dados de crescimento, sendo a primeira (amostras não destrutivas) aos 60 DAS, quando as panículas se encontravam em estágio inicial de formação, fase adequada para o uso em pastejo e a segunda coleta de dados aos 85 DAS, quando as panículas se encontravam

maduras, com grãos variando de pastosos a farináceos, fase adequada para ensilagem (Júnior Guimarães *et al.*, 2009),.

Nas duas amostragens foram determinadas as características morfométricas: diâmetro do colmo (com utilização de paquímetro digital), área foliar ( $\text{cm}^2 \text{ planta}^{-1}$ ;  $C = \text{comprimento das folhas} - \text{cm}$ ;  $L = \text{maior largura da folha} - \text{cm}$  e  $f = \text{fator de correção} - 0,68$ ) conforme metodologia de Payne, Wendt, Hossner & Gates (1991), 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) e coletado o material vegetal da parte aérea, sendo posteriormente acondicionado em sacos de papel para realização das análises laboratoriais de MS. Na última avaliação foram coletadas três plantas por vaso, sendo realizado a medição do comprimento da raiz.

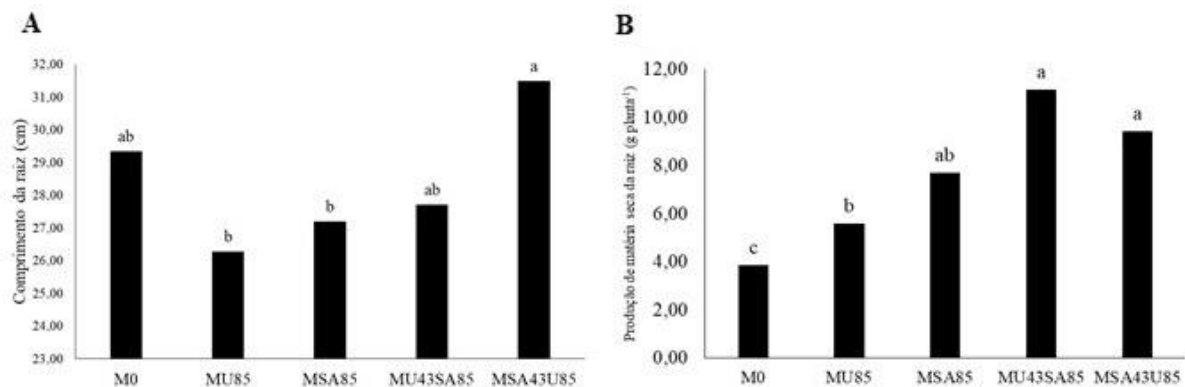
Para a análise laboratorial de MS, as amostras inicialmente foram submetidas à pré-secagem em estufa a 65°C com ventilação forçada de ar em bandejas de alumínio por 72h. Após esse período, as amostras foram trituradas em moinho de facas tipo *Willey*, em malha de 1 mm, identificadas e acondicionadas. Em seguida, as amostras foram secas em estufa a 105°C por 16 h para determinação da MS final, conforme metodologia de Silva & Queiroz (2002). Então, foi determinado a produção de matéria seca (PMS) por meio da massa seca do colmo, folhas e panícula.

Após as avaliações laboratoriais, os dados foram submetidos a análise de variância e quando significativos pelo teste F, foi realizado o teste de comparação de média de Tukey, ao nível de 5%. Para as análises estatísticas utilizou-se o programa computacional “ASSISTAT 7.7 BETA”.

### **3. Resultados e Discussão**

Não foi observado efeito do uso das fontes de nitrogênio sobre o comprimento da raiz aos 85 DAS ( $p > 0,05$ ), em relação ao controle (M0). Foram verificados valores superiores ( $p < 0,05$ ) para os tratamentos M0, MU43SA85 e MSA43U85, que apresentaram 29,35, 27,71 e 31,50 cm, respectivamente. Os tratamentos MU85 e MSA85 apresentaram valores intermediários (Figura 2A).

**Figura 2.** Comprimento e produção de matéria seca da raiz aos 85 DAS em função do uso cíclico de diferentes fontes de nitrogênio.



Letras minúsculas distintas apresentam diferença significativa pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ). M0 - sem aplicação de nitrogênio; MU85 - ureia ciclo completo; MSA85 - sulfato de amônia ciclo completo; MSA43U85 - sulfato de amônia até 43 dias e ureia de 44 a 85 dias e MU43SA85 - ureia até 43 dias e sulfato de amônia de 44 a 85 dias). Fonte: Autor (2020).

Para a produção de MS da raiz aos 85 DAS verificou-se efeito da adubação nitrogenada e do uso cíclico das fontes de nitrogênio ( $p < 0,05$ ), em relação ao controle (M0; Figura 2B). Foram verificados valores superiores ( $p < 0,05$ ) para o uso das fontes de forma alternada, MU43SA85 e MSA43U85, que apresentaram produções médias de 11,14 e 9,42 g planta<sup>-1</sup>, respectivamente. Os tratamentos MU85 e MSA85 apresentaram valores intermediários, com valores médios de 5,57 e 7,71 g planta<sup>-1</sup>, respectivamente.

Existem poucos trabalhos que avaliaram o efeito da adubação nitrogenada sobre o sistema radicular do milho. Melo *et al.* (2015) estudaram o efeito de doses de nitrogênio sobre a produção de matéria seca pela raiz e obtiveram resposta quadrática, com resposta máxima de produção na dose de 150 kg de N ha<sup>-1</sup>, dose superior à utilizada no presente estudo e indicando que não haveria efeito de eventual excesso de nitrogênio atuando para prejudicar o desenvolvimento do sistema radicular.

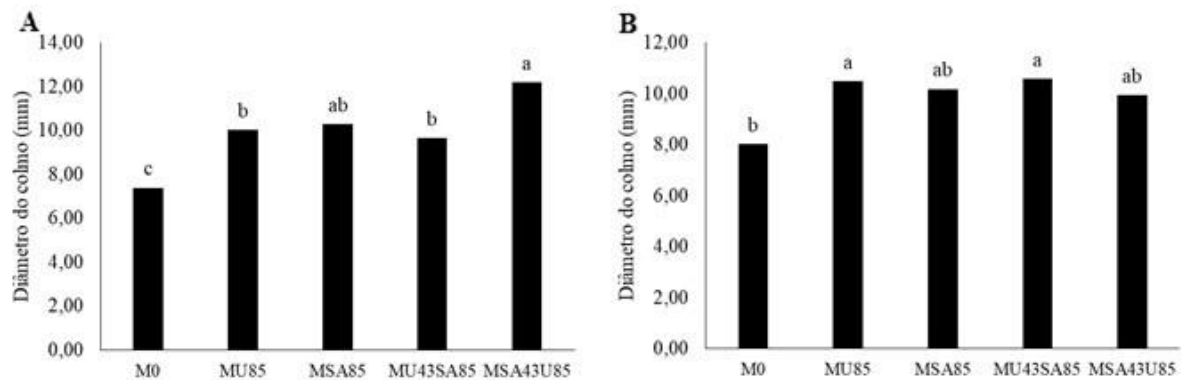
Observa-se que o uso da fonte ureia durante todo o ciclo apresentou resultado inferior ao uso de forma cíclica (MSA43U85 e MU43SA85), o que poderia estar relacionado à perdas por lixiviação da fonte, quando utilizadas de forma isolada, ou melhor absorção do N de uma determinada fonte em uma fase do ciclo, e melhor disponibilidade do N de outra fonte na fase seguinte. Segundo Varvel, Schepers & Francis (1997), essa resposta poderia ser devido ao fornecimento adequado de N para a planta, o que leva a melhor desenvolvimento do sistema radicular e de área foliar, conseqüentemente, maior produção de fotoassimilados.

Para a variável diâmetro do colmo aos 60 DAS, todos os tratamentos foram superiores ( $p < 0,05$ ) ao controle (M0). Foram verificados valores superiores ( $p < 0,05$ ) para os tratamentos



MSA43U85 e para o MSA85, que apresentaram 12,19 mm e 10,29 mm, respectivamente. Os tratamentos MU85 e MU43SA85 apresentaram valores intermediários (Figura 3A).

**Figura 3.** Diâmetro do colmo aos 60 DAS (A) e aos 85 DAS (B) em função do uso cíclico de diferentes fontes de nitrogênio.



Letras minúsculas distintas apresentam diferença significativa pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ). M0 - sem aplicação de nitrogênio; MU85 - ureia ciclo completo; MSA85 - sulfato de amônia ciclo completo; MSA43U85 - sulfato de amônia até 43 dias e ureia de 44 a 85 dias e MU43SA85 - ureia até 43 dias e sulfato de amônia de 44 a 85 dias). Fonte: Autor (2020).

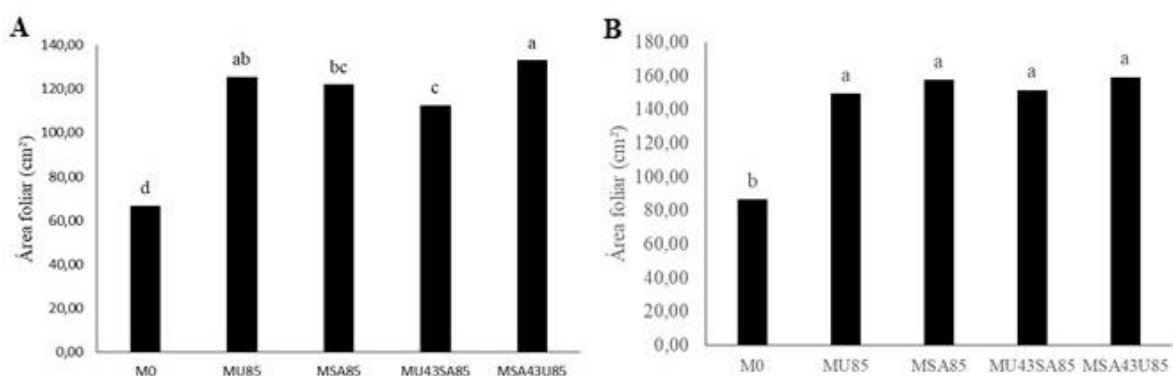
Já para a avaliação aos 85 DAS (Figura 3B), os tratamentos que receberam aplicação de nitrogênio, independente da fonte e da forma de aplicação, foram semelhantes ( $p > 0,05$ ). Os tratamentos MU85 e MU43SA85 foram superiores ao controle ( $p < 0,05$ ), no entanto, os tratamentos MSA85 e MSA43U85 foram semelhantes ao tratamento sem ureia ( $p > 0,05$ ), indicando que a aplicação de ureia durante todo o período ou na fase inicial do desenvolvimento do milho (primeiros 43 DAS) levaria a um maior desenvolvimento do colmo.

Em seu trabalho com cultivares de milho recebendo adubação nitrogenada Melo *et al.* (2015) verificaram efeito quadrático das doses de nitrogênio sobre o diâmetro do colmo, indicando que acima da dose de  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de N o milho não responderia mais, dose bem superior à do presente estudo ( $80 \text{ kg de N ha}^{-1}$ ). Os autores encontraram como valor máximo 8,3 mm de diâmetro do colmo, resultado semelhante ao observado para o tratamento testemunha (M0), que não recebeu nenhuma adubação nitrogenada. Trabalhando com as mesmas fontes de N do presente estudo, Goes, Rodrigues, Arf, Arruda e Vilela (2011) não verificaram efeito da fonte sobre o diâmetro do colmo e encontraram o valor médio de 16,42 mm para a dose de  $80 \text{ kg de N ha}^{-1}$ , na fase final do desenvolvimento. Este valor foi superior à média observada aos 85 DAS para os tratamentos que receberam aplicação de N (10,29 mm)

O fornecimento de N exerce efeito sobre o desenvolvimento da planta, tanto no processo fotossintético, quanto no crescimento vegetativo, levando à aumento na altura, no diâmetro do colmo e na área foliar. O aumento do diâmetro do colmo é importante para que não haja acamamento ou tombamento da planta em razão do aumento da área foliar com a adubação nitrogenada, no entanto, pelo fato do colmo representar a fração menos digestível da planta o seu aumento em relação à quantidade de folhas poderia reduzir a digestibilidade da planta inteira e, conseqüente, piora na qualidade nutricional (Heringer & Moojen, 2002).

A área foliar aos 60 DAS foi afetada positivamente pela adubação nitrogenada ( $p < 0,05$ ) em relação ao tratamento controle (M0), sem aplicação de nitrogênio. Observou-se que os tratamentos MU85 e MSA43U85 foram semelhantes entre si e apresentaram resultados superiores, sendo observados os valores médios de 125 e 133  $\text{cm}^2$ , respectivamente. O tratamento contendo apenas a fonte sulfato de amônio (MSA85) apresentou resposta intermediária, sendo semelhante ao MU43SA85 (Figura 4A).

**Figura 4.** Área foliar aos 60 DAS (A) e aos 85 DAS (B) em função do uso cíclico de diferentes fontes de nitrogênio.



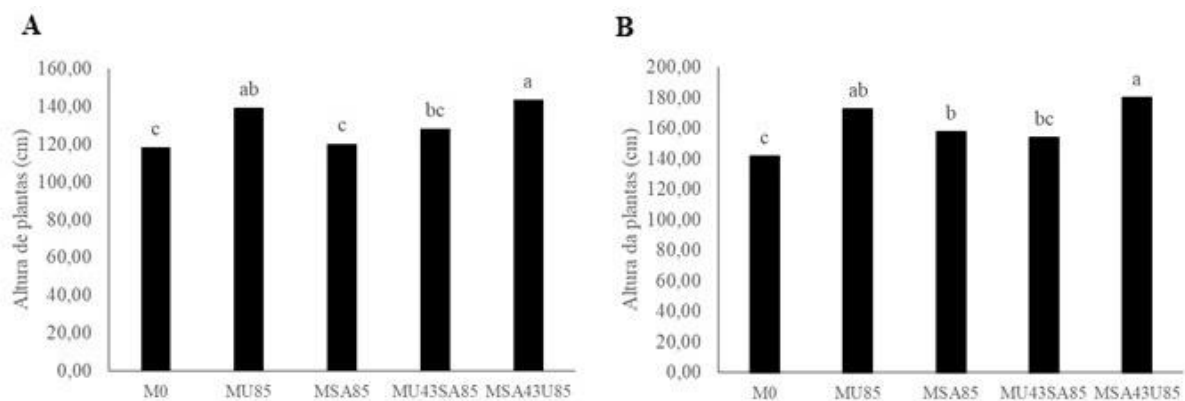
Letras minúsculas distintas apresentam diferença significativa pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ). M0 - sem aplicação de nitrogênio; MU85 - ureia ciclo completo; MSA85 - sulfato de amônia ciclo completo; MSA43U85 - sulfato de amônia até 43 dias e ureia de 44 a 85 dias e MU43SA85 - ureia até 43 dias e sulfato de amônia de 44 a 85 dias). Fonte: Autor (2020).

Para área foliar aos 85 DAS observou-se efeito positivo da adubação nitrogenada ( $p < 0,05$ ) em relação ao tratamento controle (M0), sem aplicação de nitrogênio (Figura 4B). Porém, não foi verificada diferença entre os tratamentos que receberam aplicação de nitrogênio ( $p > 0,05$ ), nas diferentes estratégias de aplicação. Tais observações sugerem, que para a variável área foliar, a aplicação de nitrogênio é positiva independente da fonte utilizada ou do manejo de aplicação do adubo. Rocha *et al.* (2017), descrevem que a adubação nitrogenada influencia positivamente as características agrônômicas e produtivas, já que o

nitrogênio afeta a divisão e expansão celular, refletindo assim na área foliar e na produção de fotoassimilados, o que explicaria o efeito observado no presente estudo.

Para a variável altura de plantas aos 60 DAS verificou-se efeito positivo da adubação nitrogenada ( $p < 0,05$ ) em relação ao tratamento controle (M0) e do uso cíclico das fontes ureia e sulfato de amônio, com exceção do tratamento MSA85. Observou-se semelhantes entre os tratamentos MU85 e MSA43U85 com valores médios de 139,38 e 143,5 cm, respectivamente (Figura 5A). O tratamento MU43SA85 apresentou resposta intermediária, sendo semelhante ao tratamento contendo apenas ureia (MU85).

**Figura 5.** Altura de plantas aos 60 DAS (A) e aos 85 DAS (B) em função do uso cíclico de diferentes fontes de nitrogênio.



Letras minúsculas distintas apresentam diferença significativa pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ). M0 - sem aplicação de nitrogênio; MU85 - ureia ciclo completo; MSA85 - sulfato de amônia ciclo completo; MSA43U85 - sulfato de amônia até 43 dias e ureia de 44 a 85 dias e MU43SA85 - ureia até 43 dias e sulfato de amônia de 44 a 85 dias). Fonte: Autor (2020).

Verificou-se para altura de plantas aos 85 DAS efeito positivo da adubação nitrogenada ( $p < 0,05$ ) em relação ao tratamento controle (M0), com exceção do manejo MU43SA85 (Figura 5B). Semelhante ao observado aos 60 DAS, os tratamentos MU85 e MSA43U85 foram iguais entre si ( $p < 0,05$ ) e superiores. O tratamento MSA85 apresentou resultado intermediário. Estes resultados indicam que a aplicação de nitrogênio, independente da fonte e da forma de uso, estimula positivamente a variável altura de plantas, com exceção da forma de uso MU43SA85.

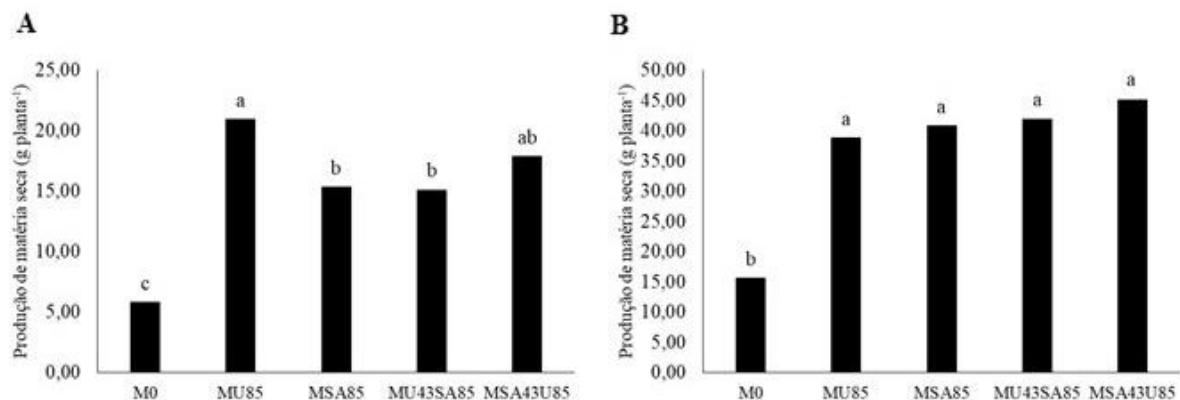
Campos *et al.* (2011) observaram valor médio de altura de plantas aos 64 dias de 115,21 cm, resultado abaixo do observado no presente estudo nesta fase (129,9 cm). Vale ressaltar que Pereira Filho *et al.* (2003) relata que a cultivar 1501 apresenta altura média de 180 cm no estágio final de desenvolvimento, tendo o tratamento MSA43U85 atingido valor

médio próximo (180,14 cm aos 85 DAS), o que demonstra desempenho aceitável para a cultura.

Esse comportamento poderia ser devido ao fornecimento adequado de N para a planta, o que leva a melhor desenvolvimento do sistema radicular e de área foliar, uma vez que o N influencia positivamente a divisão e a expansão celular e o processo de fotossíntese, resultando em maior crescimento das estruturas da planta (Varvel *et al.*, 1997).

Em relação à produção de MS aos 60 DAS, todos os tratamentos foram superiores ( $p < 0,05$ ) ao controle (M0), sem uso de nitrogênio. Foram verificados valores superiores ( $p < 0,05$ ) para os tratamentos MU85 e MSA43U85, com produções de 20,96 e 17,88 g planta<sup>-1</sup>, respectivamente. Os tratamentos MSA85 e MU43SA85 apresentaram valores intermediários (Figura 6A).

**Figura 6.** Produção de matéria seca aos 60 DAS (A) e aos 85 DAS (B) em função do uso cíclico de diferentes fontes de nitrogênio.



Letras minúsculas distintas apresentam diferença significativa pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ). M0 - sem aplicação de nitrogênio; MU85 - ureia ciclo completo; MSA85 - sulfato de amônia ciclo completo; MSA43U85 - sulfato de amônia até 43 dias e ureia de 44 a 85 dias e MU43SA85 - ureia até 43 dias e sulfato de amônia de 44 a 85 dias). Fonte: Autor (2020).

Aos 85 DAS à produção de MS mostrou-se superior ( $p < 0,05$ ) em todos os tratamentos contendo nitrogênio, tanto nas diferentes fontes como nas formas de uso destas fontes ( $p < 0,05$ ). Os valores médios verificados foram 38,86; 40,86; 42,0 e 45,14 g planta<sup>-1</sup>, respectivamente para os tratamentos MU85, MSA85, MU43SA85 e MSA43U85, versus 15,71 no M0 g planta<sup>-1</sup>. (Figura 6B).

Segundo Monteiro (2013), o N é o nutriente que estimula a maior produtividade nas plantas forrageiras desde que outros fatores de produção não sejam limitantes. O N estimula o desenvolvimento de todas as partes da planta, desde o crescimento da raiz, o comprimento e o

número de perfilhos, o alongamento e o número de folhas, sendo alguns destes estímulos observados no presente estudo. Como resultado do maior desenvolvimento das diferentes partes da planta observa-se o aumento da produtividade de MS, como verificado no presente trabalho.

Melo *et al.* (2015) em seu trabalho com cultivares de milho na Amazônia encontrou dados de produção de MS aos 80 dias após emergência e recebendo 80 kg de N ha<sup>-1</sup>, de 8,43 g planta<sup>-1</sup>, valor bem abaixo da média observada no presente estudo para as plantas adubadas com N, independente do manejo adotado (41,71 g planta<sup>-1</sup>), o que pode ter ocorrido em função de diferenças climáticas ou das condições experimentais.

O uso cíclico de diferentes fontes de nitrogênio no cultivo de milho refletiram em maior produção de forragem. As características morfológicas (diâmetro do colmo, área foliar, altura de planta e comprimento de raiz) e a produção de MS foram afetadas positivamente, chamando atenção principalmente para o tratamento em que se iniciou a adubação com sulfato de amônio e ocorreu alternância da fonte na metade do ciclo da cultura, para a ureia.

Sobre o uso de diferentes fontes de nitrogênio, o sulfato de amônio tem se mostrado superior em relação à ureia por propiciar menores perdas de N-NH<sub>3</sub> em pH de solo inferior a 7, além da presença do enxofre que atua melhorando a resposta pela planta (Goes *et al.*, 2011). No entanto, no presente trabalho, o sulfato de amônio, utilizado como única fonte em todo o ciclo de produção, apresentou resposta intermediária.

Normalmente, a resposta inferior da ureia pode ocorrer em função de uma possível maior imobilização do N da ureia em relação ao N do sulfato de amônio, o maior índice salino da UR (75) em relação ao SA (69), o que pode provocar danos à raiz e à maior lixiviação da ureia, o que pode ser agravado em elevadas precipitações. As perdas por lixiviação podem ser maiores em solos arenosos. Também, a ureia, ao ser aplicada no solo, pode não hidrolisar rapidamente por ser uma molécula neutra, o que aumentaria a lixiviação, principalmente na condição de chuvas intensas (Lange, Cabezas, Warl & Trivelin, 2010).

Embora no presente estudo as chuvas ocorridas durante o ciclo de produção tenham sido elevadas (Figura 1), tal fator não afetou a resposta à adubação com ureia, provavelmente devido ao elevado parcelamento da dose (nove aplicações). Aparentemente, as condições climáticas verificadas, principalmente o excesso de umidade durante o período experimental, levou a maiores perdas da fonte sulfato de amônio, enquanto a ureia apresentou maior retenção no solo, promovendo melhor fixação do nitrogênio pelo milho.

#### 4. Considerações Finais

O uso cíclico de diferentes fontes de nitrogênio afetou positivamente as características morfológicas e a produção de matéria seca do milho.

Os melhores resultados foram observados com o uso da ureia, como fonte única, em todo o ciclo de produção, seja para pastejo ou ensilagem e o uso cíclico da adubação com sulfato de amônio nos primeiros 43 dias do ciclo e ureia no período final. Portanto, para se definir qual manejo da adubação a ser adotada deve-se levar em conta outros fatores, como disponibilidade e custo da fonte.

Seria interessante avaliar, em estudos futuros, a adoção do uso cíclico de fontes nitrogenadas na cultura do milho, cultivado em sistema de irrigação, bem como a interação com outros nutrientes essenciais ao desenvolvimento da planta.

#### Referências

- Campos, F., Santos, E., & Benedetti, E. (2011). Rendimento forrageiro de genótipos de milho em função da adubação nitrogenada no semiárido paraibano. *Cadernos de Pós-Graduação da FAZU*, 2.
- Costa, J. G. J., Gomes, S. P., Sousa, G. G., Conrado, J. A. A., Albuquerque, A. L. B., Pimentel, P. G., Rocha, A. C., & Sousa, H. C. (2020). Growth and gas exchange in millet under different doses and sources of nitrogen. *Research, Society and Development*, 9(7), 1-19.
- Goes, R. J., Rodrigues, R. A. F., Arf, O., Arruda, O. G., & Vilela, R. G. (2011). Fontes e doses de nitrogênio em cobertura, no sorgo granífero na safrinha. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 10(2), 121-129.
- Guimarães Júnior, R., Gonçalves, L. C., Rodrigues, J. A. S., Pires, D. A. A., Jayme, D. G., Rodriguez, N. M., & Saliba, E. O. S. (2009). Avaliação agrônômica de genótipos de milho (P. glaucum) plantados em período de safrinha. *Archivos de zootecnia*, 58(1), 629-632.
- Heringer, I., & Moojen, E. L. (2002). Potencial produtivo, alterações da estrutura e qualidade da pastagem de milho submetida a diferentes níveis de nitrogênio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31(2), 875-882.

Lange, A., Cabezas, W., & Trivelin, P. C. O. (2010). Sulfato de amônio e ureia em cobertura no milho em semeadura direta no Cerrado. *Revista Ceres*, 57(6), 817-824.

Melo, N. C., Fernandes, A. R., & Galvão, J. R. (2015). Crescimento e eficiência nutricional do nitrogênio em cultivares de milho forrageiro na Amazônia. *Revista Caatinga*, 28(3), 68-78.

Monteiro, F. A. (2013). Uso de corretivos agrícolas e fertilizantes. Em Reis, R. A., Bernardes, T. F., & Siqueira, G. R. (Ed.), *Forragicultura: Ciência, Tecnologia e Gestão dos Recursos Forrageiros* (pp. 275-290). Jaboticabal, SP: Funep.

Oliveira, F. C., Sousa Netto, M. D., Araujo, L. D. S., Almeida, A. C. D. S., Silveira, P., & Cunha, P. C. R. D. (2016). Corn development and production in function of sources of nitrogen fertilizers and doses. *Revista Caatinga*, 29(4), 812-821.

Pereira Filho, I. A., Ferreira, A. D. S., Coelho, A. M., Casela, C. R., Karam, D., Rodrigues, J. A. S., & Waquil, J. M. (2003). *Manejo da cultura do milho*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo.

Payne, W. A., Wendt, C. W., Hossner, L. R., & Gates, C. E. (1991). Estimating pearl millet leaf area and specific leaf area. *Agronomy Journal*, 83(6), 937-941.

Rocha, J. M. R., Santos, A., Silveira Jr, O., Silva, R., Santos, J., & Oliveira, L. (2017). Características agronômicas do milho sob efeito de nitrogênio nos sistemas consorciado e monocultivo. *Revista Tecnologia e Ciência Agropecuária*, 11(1), 37-43.

Silva, A. G. D., Farias Júnior, O. L. D., França, A. F. D. S., Miyagi, E. S., Rios, L. C., Moraes Filho, C. G. D., & Ferreira, J. L. (2012). Rendimento forrageiro e composição bromatológica de milho sob adubação nitrogenada. *Ciência Animal Brasileira*, 13(1), 67 – 75.

Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I. M., & Murphy, A. (2017). *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. Porto Alegre: Artmed.

Theago, E. Q., Buzetti, S., Teixeira Filho, M. C. M., Andreotti, M., Megda, M. M., & Benett, C. G. S. (2014). Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio influenciando teores de clorofila e produtividade do trigo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 38(6), 1826-1835.

Varvel, G. E., Schepers, J. S., & Francis, D. D. (1997). Ability for in-season correction of nitrogen deficiency in corn using chlorophyll meters. *Soil Science Society of America Journal*, 61(4), 1233-1239.

### **Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito**

Andrey Lohan Barbosa Albuquerque – 90%

Silas Primola Gomes – 70%

Geocleber Gomes de Sousa – 50%

Jefte Arnon de Almeida Conrado – 30%

João Guilherme Justino da Costa – 30%

Patrícia Guimarães Pimentel – 20%

Amanda Cardoso Rocha – 20%

Carla Ingryd Nojosa Lessa – 20%