

PRODUÇÃO DE FORRAGEM, MORFOGÊNESE E EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DO ADUBO EM CAPIM BRS QUÊNIA SOB DOSES DE NITROGÊNIO¹

J. A. MARTUSCELLO^{2*}, Y. N. RIBEIRO², T. G. S. BRAZ³, M. R. FERREIRA⁴, J. A. ASSIS², L. JANK⁵, G. A. REIS²

¹Recebido em 19/02/2018. Aprovado em 04/07/2018.

²Universidade Federal de São João del-Rei, São João del-Rei, MG, Brasil

³Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, MG, Brasil

⁴Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, Brasil

⁵Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS, Brasil

*Autor correspondente: janaina@ufsj.edu.br

RESUMO: A adubação nitrogenada modifica os padrões morfogênicos de crescimento das forrageiras. Logo, estudos sobre a resposta de plantas recém lançadas, como a capim BRS Quênia, à adubação podem contribuir sobremaneira com a recomendação estratégias de manejo e doses mais apropriadas do adubo. Objetivou-se com este trabalho avaliar a alocação de biomassa aérea e radicular, resposta morfológica e a eficiência agronômica da adubação em plantas de *Panicum maximum* cv. BRS Quênia, sem adubação e adubadas com 50, 100 e 200 mg/dm³ de nitrogênio. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. As proporções de folha foram maiores que as proporções de colmo, independentemente da adubação nitrogenada. Houve maiores incrementos na produção de parte aérea em detrimento a produção de raiz. O aumento da adubação implicou em menor intervalo entre o surgimento das folhas do capim BRS Quênia, bem como aumentou o número de perfilhos por planta. A medida que se incrementa a adubação nitrogenada há diminuição da eficiência de uso do adubo. A adubação nitrogenada influencia positivamente a produção de forragem em plantas de *Panicum maximum* BRS Quênia e, independentemente da dose de adubação nitrogenada, a parte aérea funciona como principal dreno de nitrogênio.

Palavras-chave: Adubação, colmo, folha, morfogênese, perfilho, raiz.

FORAGE PRODUCTION, MORPHOGENESIS AND AGRONOMIC EFFICIENCY IN PANICUM MAXIMUM BRS QUENIA UNDER NITROGEN LEVELS

ABSTRACT: Nitrogen fertilization modifies the morphogen patterns of forage growth. Therefore, studies on the response of newly introduced plants, such as BRS Quênia, to fertilization can contribute greatly with the recommendation of management strategies and more appropriate doses of fertilizer. The objective with this research was to evaluate aboveground and root dry mass production and the morphogenetic and structural characteristics, as well as the agronomic efficiency of nitrogen fertilization in *Panicum maximum* cv. BRS Quênia, without fertilization and submitted to nitrogen levels (50, 100 and 200 mg/dm³). The experiment was conducted in the greenhouse in a completely randomized design with four replication. Production characteristics and morphogenetic and structural characteristics of the plants were evaluated. The grass BRS Quênia responded to nitrogen fertilization for all characteristics evaluated. Leaf proportions were higher than stem proportions, regardless of nitrogen fertilization. There were larger increases in aboveground mass production than root production. The increase in fertilization implied in a shorter interval between the emergence of leaves of BRS Quênia grass, as well as increased number of tillers per plant. As nitrogen fertilization increases, there is a decrease in fertilizer efficiency. Nitrogen fertilization positively influences forage production in *Panicum maximum* BRS Quênia plants and, independently of nitrogen dosage, the aboveground mass acts as the main nitrogen drain.

Key words: Fertilization, leaf, root, stem, tiller.

INTRODUÇÃO

O processo de diversificação de pastagens vem crescendo no Brasil em decorrência da demanda por forrageiras mais competitivas e eficientes no aproveitamento dos insumos. A cultivar híbrida de *Panicum maximum* BRS Quênia surgiu da necessidade por plantas com elevada produtividade e facilidade de manejo e mostrou resultados promissores ao cultivo em solos bem drenados e manejo rotativo nos biomas Cerrados e Amazônia (JANK et al., 2017). O capim BRS Quênia apresentou grande potencial para a produção de bovinos de corte na Amazônia brasileira, com ganhos da ordem de 672 g.cabeça-1.dia, sem suplementação (ANDRADE et al., 2013). Também, MARTUSCELLO et al. (2015a), em experimento com análise multivariada em genótipos de *P. maximum* para a região nordeste do Brasil, alocaram o capim-quênia no grupo das plantas mais produtivas e adaptadas, juntamente com o capim-mombaça.

No processo de desenvolvimento e lançamento de novas cultivares, uma série de pesquisas são realizadas para comprovar a superioridade da cultivar em termos quantitativos e qualitativos. Porém, uma vez no mercado há a necessidade de maiores estudos que ampliem os conhecimentos acerca de suas exigências nutricionais e aplicações dentro dos mais variados sistemas de produção.

A adubação nitrogenada exerce grande influência nos padrões de alocação de biomassa aérea e radicular das forrageiras. Logo, a aplicação de nitrogênio é uma das formas rápidas de incrementar a produtividade dos pastos, principalmente quando a forrageira é responsiva à adubação, como é o caso da plantas de *Panicum maximum* (MARTUSCELLO et al., 2009; MARTUSCELLO et al., 2015b; SOARES FILHO et al., 2015).

Diversos estudos têm sido conduzidos para avaliar o efeito da adubação sobre as gramíneas forrageiras por meio de características morfológicas e estruturais (ALEXANDRINO et al., 2004; MARTUSCELLO et al. 2005; MARTUSCELLO et al., 2006; BRAZ et al., 2011; MARTUSCELLO et al., 2015b). De fato, o nitrogênio é um dos nutrientes mais exigidos

pelas plantas e tem papel central na emissão e alongamento de folhas e no acúmulo e fluxo de biomassa (DURU e DUCROCQ, 2000). A avaliação do padrão de respostas morfológicas da cultivar BRS Quênia à adubação com nitrogênio torna-se, portanto, importante para a definição de estratégias racionais de adubação e manejo para esta forrageira.

A extensão do efeito do nitrogênio sobre o crescimento e o desenvolvimento das forrageiras vai além da parte aérea, atingindo o sistema radicular. Por meio da sua avaliação, é possível inferir sobre o efeito da adubação sobre o padrão de deposição de tecidos entre a parte aérea e o sistema radicular e sobre a capacidade exploratória das raízes. Estudos conduzidos em casa de vegetação tornam-se formas práticas de se avaliar o padrão de alocação de biomassa aérea e radicular sob distintas condições de manejo (MARTUSCELLO et al., 2009). Avaliações sobre a mudanças na produção e no crescimento do sistema radicular do capim BRS Quênia estão diretamente relacionadas a sua eficiência no uso do nitrogênio, que pode permitir respostas mais ou menos expressivas em função da dose aplicada.

Objetivou-se com esse trabalho avaliar a produção de massa seca da parte aérea e das raízes, as características morfológicas e estruturais e a eficiência agronômica do adubo nitrogenado em plantas de *P. maximum* cv. BRS Quênia submetidas a diferentes doses de nitrogênio.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação na Universidade Federal de São João del-Rei, Minas Gerais, Brasil. A região encontra-se na latitude 21° 08' 00" Sul e longitude 44° 15' 40" Oeste. O clima é tropical de altitude caracterizado por verões quentes e úmidos. Durante o período experimental, de dezembro de 2015 a abril de 2016, as temperaturas mínimas e máximas da casa de vegetação foram registradas diariamente, apresentando as médias 18,6 e 32,3 °C, respectivamente.

Foi avaliada a cultivar BRS Quênia da espécie *Panicum maximum* Jacq., submetida a quatro doses de nitrogênio (0, 50, 100 e 200 mg.dm⁻³ de nitrogênio), em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. As plantas foram cultivadas em vasos com capacidade de

5,8 dm³. O solo foi coletado na camada de 0 a 20 cm e analisado quanto as suas características químicas, apresentando os seguintes resultados: pH em água=5,42; P=1,8 mg/dm³; K=26 mg/dm³; Ca²⁺=0,58 cmolc/dm³; Mg²⁺=0,07 cmolc/dm³; H + Al= 1,83 cmolc/dm³, Al+3=0,15 cmolc/dm³. Após análise, o solo recebeu calcário para elevar a saturação por bases para 50% e o equivalente a 220 mg/dm³ de P2O5 na forma de superfosfato simples.

As plantas foram semeadas em bandejas contendo substrato agrícola comercial e, 15 dias após a germinação, foram transplantadas cinco mudas para cada vaso. Cerca de 20 dias após o plantio das mudas, realizou-se desbaste para obtenção do número final de três plantas/vaso. Trinta dias após o desbaste foi realizado o corte de uniformização a 5 cm do solo, que marcou o início do período de avaliação.

Durante todo o experimento, o solo foi mantido próximo à sua capacidade de campo com irrigação diária. As doses de N (ureia) foram parceladas em quatro aplicações, assim como a dose padrão de 120 mg/dm³ de K2O (cloreto de potássio). A primeira aplicação do nitrogênio foi feita três dias após o corte de uniformização, independente do tratamento, e as demais foram realizadas a cada sete dias.

Para avaliação das características morfológicas, foram marcados e identificados três perfilhos por vaso, sendo um em cada planta. Os três perfilhos marcados foram avaliados a cada dois dias com registro do dia de aparecimento do ápice foliar, dia da exposição da lígula, comprimento final das folhas expandidas e em expansão, comprimento da porção senescente da folha e número de folhas vivas por perfilho. O número total de perfilhos por vaso foi quantificado ao final do período experimental. A partir destas medidas, foram calculadas: taxa de aparecimento foliar (TApF) - folhas/dia; taxa de alongamento foliar (TAIF) - cm/dia; duração de vida da folha (DVF) - dias; filocrono (número de dias para o aparecimento de duas folhas consecutivas) - dias; comprimento final da lâmina (CFL) - cm; Número de folhas vivas por perfilho (NFV) e Taxa de senescência foliar (TSef) - cm/dia.

Aos 42 dias, todas as plantas do vaso foram colhidas e levadas ao laboratório para separação dos componentes morfológicos (lâmina, colmo + bainha e material morto). Após a separação morfológica, as amostras foram colocadas em estufa de secagem (55° até estabilização do peso) para mensuração da produção total de massa seca (MST), produção de lâminas foliares, colmos e material morto. Avaliou-se também a relação lâmina:colmo

(RLC). As raízes foram retiradas dos vasos, lavadas em peneiras e secas de modo a se calcular a produção de massa seca radicular (MSR) e relação parte aérea:raiz (RPAR).

Calculou-se também o Índice de Eficiência Agronômica (IEA) do nitrogênio para a produção de massa seca do capim BRS Quênia BRS Quênia por meio da fórmula:

$$IEA = \frac{\text{Produção}_{\text{dose n}} - \text{Produção}_{\text{dose 0}}}{\text{Produção}_{\text{dose 0}}} \times 100$$

Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão adotando-se 5% como nível crítico de probabilidade. As equações de regressão foram escolhidas por meio do nível de significância dos parâmetros de acordo com teste t e pelo coeficiente de determinação (R²). Os dados também foram submetidos à análise de correlação simples para o estudo do grau de associação entre as características de produção de massa e as características morfológicas do estudo. Os coeficientes foram testados por meio de teste t a 5% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas por meio do software estatístico Genes versão 2017.3.31 (CRUZ, 2013).

RESULTADOS

A produção de massa seca da parte aérea (MSPA) do capim BRS Quênia respondeu linear e positivamente (P<0,0001) à adubação nitrogenada (Tabela 1). Os incrementos observados para a produção de MSPA da forrageira, em relação à ausência de adubação nitrogenada foram da ordem de 27, 53 e 106%, respectivamente para as doses de 50, 100 e 200 mg/dm³.

Observou-se resposta linear e positiva à adubação nitrogenada para as produções de massa seca de lâmina foliar (P=0,009), massa seca de colmo (P<0,0001) e massa seca de material morto (P=0,0003) (Tabela 1). Os incrementos na produção de massa seca foliar para as doses de 50, 100 e 200 mg/dm³ em relação a ausência de adubação nitrogenada foram de 24, 49 e 97%, respectivamente. Os valores para produção de colmo variaram entre 6 g/vaso para plantas sem adubação nitrogenada e 12 g/vaso para plantas adubadas com a maior dose.

Nesse experimento, não se observou efeito das doses de N na relação lâmina: colmo (P=0,7413), tendo sido a média dos valores de

Tabela 1 - Equações de regressão para características de produção em plantas de *Panicum maximum* BRS Quênia submetidas a diferentes doses de nitrogênio

Característica	Equação	Pr > F	R ²
Massa seca da parte aérea (g/vaso)	$\hat{Y} = 23,16 + 0,123^{**}N$	<0,0001	0,81
Massa seca de lâmina foliar (g/vaso)	$\hat{Y} = 13,71 + 0,067^{**}N$	0,012	0,59
Massa seca de colmo (g/vaso)	$\hat{Y} = 6,01 + 0,03^{**}N$	0,000	0,73
Massa seca de material morto (g/vaso)	$\hat{Y} = 3,46 + 0,024^{**}N$	0,002	0,81
Massa seca de raiz (g/vaso)	$\hat{Y} = 15,18 + 0,039^{**}N$	0,007	0,62
Massa seca total (parte aérea + raiz) (g/vaso)	$\hat{Y} = 38,31 + 0,16^{**}N$	0,000	0,81
Altura das plantas (cm)	$\hat{Y} = 0,54 + 0,0013^{**}N$	0,010	0,74

2,3. Já, a produção de material morto respondeu de maneira linear e positiva à adubação, aumentando de 3,46 g/vaso para 8,50 g/vaso, nas doses de 0 e 200 mg/dm³, respectivamente (Tabela 1).

A altura das plantas de capim BRS Quênia respondeu linear e positivamente a adubação nitrogenada (P=0,0102), de modo que a aplicação de 200 mg/dm³ implicou em aumento de 47,36% na altura de plantas no momento do corte em relação à ausência de adubação. Observou-se resposta linear positiva (P=0,0003) da massa seca radicular (MSR) em relação ao aumento nas doses de N (Tabela 1). Nesse sentido, a MSR aumentou de 15,18 g/vaso para 22,99 g/vaso, correspondendo a aumento de 51%. A adubação nitrogenada promoveu maiores incrementos na produção da parte aérea (23, 56 e 106% paras as doses 50, 100 e 200 mg/dm³, respectivamente) e menores na produção de raízes (13, 26, 51% paras as doses 50, 100 e 200 mg/dm³, respectivamente).

Na partição da biomassa do capim- BRS Quênia em parte aérea e raiz, nota-se que apesar do aumento da produção de ambas, houve maior crescimento da parte aérea em relação ao sistema radicular, o que elevou a porcentagem de parte aérea de 60,18 para 66,86% nas doses de 0 e 200 mg/dm³, respectivamente (Figura 1).

Na Figura 2 observa-se que a eficiência agronômica do N diminuiu à medida que se aumentou a dose do adubo. Neste estudo, a eficiência agronômica do N em capim BRS Quênia, variou de 14,7 a 27,97% para as doses de 200 e 50 mg/dm³ de N, respectivamente.

Em relação às características morfológicas, não houve diferença significativa para taxa de alongamento foliar (P=0,099), comprimento

final da lâmina (P=0,855), taxa de senescência foliar (P=0,1351) e duração de vida das folhas (P=0,208), que apresentaram valores médios de 3,01 cm.dia-1; 62,29 cm; 1,49 cm.dia-1; 36,01 dias, respectivamente. Efeito significativo da adubação foi observado sobre o a taxa de

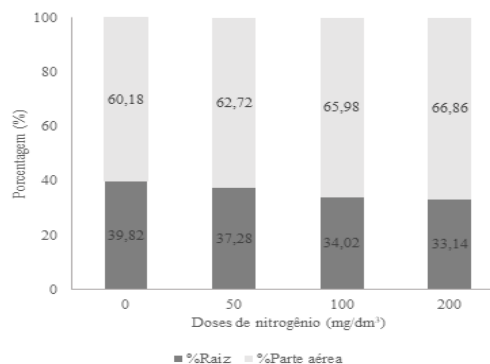


Figura 1. Partição da biomassa de raiz e parte aérea em plantas de capim BRS Quênia submetidos a diferentes doses de nitrogênio.

aparecimento de folhas (TAPF) e o filocrono (Tabela 2). A TAPF aumentou de 0,113 para 0,193 folha/dia (70,73%) nas doses, 0 e 200 mg/dm³, respectivamente e filocrono reduziu de 8,63 para 8,03 dias.

Foi observada resposta positiva do número total de perfilhos (NTP) ao nitrogênio, de modo que observaram-se valores de 27, 30, 37 e 50 para as doses de 50, 100 e 200 mg/dm³, respectivamente. A adubação com 200 mg/dm³ resultou em aumento de 110% em relação à ausência de aplicação.

Observaram-se coeficientes de correlação altos e positivos entre as todas as características

Tabela 2 - Equações de regressão para características morfológicas e estruturais de plantas de *Panicum maximum* BRS Quênia submetidas a diferentes doses de nitrogênio.

Característica	Equação	Pr>F	R ²
Número total de perfilhos	$\hat{Y} = 23,65 + 0,13^{**}N$	<0,0001	0,74
Taxa de alongamento de colmo (cm.dia ⁻¹)	$\hat{Y} = 0,60 + 0,002^{**}N$	0,000	0,77
Número de folhas vivas por perfilho	$\hat{Y} = 4,55 + 0,008^{*}N$	0,005	0,45
Filocrono (dias)	$\hat{Y} = 8,63 - 0,003^{**}N$	<0,0001	0,76
Taxa de aparecimento foliar (folhas.dia ⁻¹)	$\hat{Y} = 0,11 + 0,0004^{**}N$	<0,0001	0,82

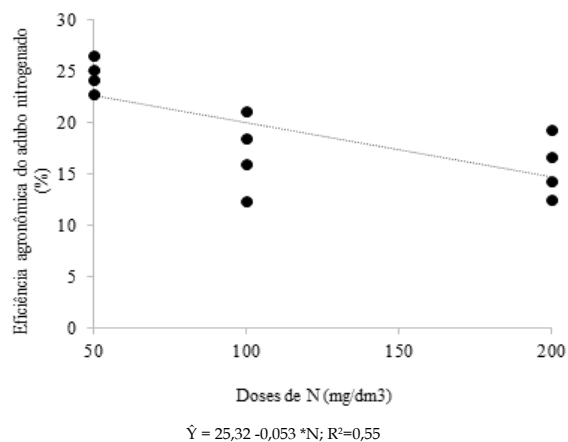


Figura 2. Índice de eficiência agrônômica do adubo nitrogenado na produção de massa seca total em capim BRS Quênia.

produtivas do capim-quênia adubado com nitrogênio (Tabela 3). Observou-se correlação positiva entre a massa seca de raiz e a massa de todos componentes morfológicos. Além disso também foi possível observar correlação positiva com a razão parte aérea: raiz.

Os coeficientes de correlação entre as características morfológicas e estruturais do capim-quênia também foram elevados (Tabela 4). Nesse sentido, notou-se correspondência entre a resposta das taxas de alongamento de folhas e de colmos, taxa de aparecimento de folhas e número de perfilhos, que apresentaram em geral coeficientes positivos e superiores a 0,80. O filocrono e a relação lâmina foliar: colmo, por sua vez, correlacionaram-se negativamente com a maioria das variáveis morfológicas estudadas (Tabela 4). A TSeF correlacionou-se negativamente com o filocrono, comprimento final da lâmina e a relação lâmina: colmo. Os coeficientes de correlação entre o número de perfilhos e as variáveis filocrono, e relação lâmina:colmo foram negativos.

Verificou-se correlação positiva entre as

características de massa e a altura com as taxas de alongamento de pseudocolmo (TAIP) e de folhas (TAIF), taxa de aparecimento de folhas (TApF), taxa de senescência de folhas (TSeF), número de folhas vivas (NFV) e número total de perfilhos (NTP). Já as variáveis comprimento final da lâmina foliar (CFL), Filocrono e relação lâmina foliar:colmo (RLC) apresentaram coeficientes negativos com as variáveis de massa e altura (Tabela 5). Também verificou-se associação positiva e elevada entre a altura e taxa de alongamento de colmo, número de folhas vivas, taxa de alongamento foliar, taxa de aparecimento foliar, taxa de senescência foliar e número de perfilhos (Tabela 5).

Da mesma forma que os componentes da produção de massa seca da parte aérea; a produção de massa seca de raízes também se correlacionou de forma positiva com a maioria das características morfológicas avaliadas, excetuando-se o comprimento final da lâmina, filocrono e relação lâmina foliar:colmo (Tabela 5).

DISCUSSÃO

O nitrogênio atua como fator controlador dos diferentes processos de crescimento e desenvolvimento das plantas, proporcionando aumento de biomassa pela fixação de carbono. Diversos autores relataram aumento de produção de massa seca de parte aérea (MSPA) em cultivares de *P. maximum* submetidas a doses de N (LINS et al., 2015; MARQUES et al. 2016; MARTUSCELLO et al., 2015b). O aumento na produção de MSPA do capim BRS Quênia também pode ser explicado pelo aumento na produção de massa de seus componentes morfológicos.

A produção de massa seca de lâmina foliar (MSL) é uma característica importante para o crescimento das forrageiras, pois a lâmina é

Tabela 3 – Coeficiente de correlação de Pearson entre características produtivas do capim BRS Quênia adubado com nitrogênio

	ALT	MSF	MSC	MSM	MST	MSR	RPAR
ALT ¹	1	0,9990**	0,9914**	0,8652**	0,9913**	0,9733**	0,9904**
MSF ²		1	0,9899**	0,8867**	0,9959**	0,9824**	0,9832**
MSC ³			1	0,8579**	0,9870**	0,9691**	0,9840**
MSM ⁴				1	0,9216**	0,9561**	0,7880**
MST ⁵					1	0,9949**	0,9648**
MSR ⁶						1	0,9333**
RPAR ⁷							1

¹ altura de planta; ² massa seca de folha; ³ massa seca de colmo; ⁴ massa seca de material morto; ⁵ massa seca total da parte aérea; ⁶ massa seca de raiz; ⁷ razão parte aérea:raiz; **: significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

o componente mais ativo fotossinteticamente na folha e capaz de promover incrementos na taxa de crescimento de plantas forrageiras e no acúmulo de forragem.

Para plantas de crescimento cespitoso como o capim BRS Quênia, a produção de colmo assume papel importante na composição morfológica da forragem, o que não é desejável do ponto de vista do manejo e da nutrição animal, pois os colmos possuem menor digestibilidade em relação às folhas (FREITAS et al., 2012). Assim, a produção de massa seca de colmo (MSC) deve estar atrelada a maior produção de MSL, o que reflete diretamente na relação lâmina: colmo. De fato, para o capim BRS Quênia observou-se aumento tanto da massa seca de folhas quanto de colmos conforme se aumentou a dose de N (Tabela 1).

A ausência de diferença significativa para a relação lâmina:colmo evidencia que plantas de capim BRS Quênia, independentemente da adubação nitrogenada, mantêm alta relação lâmina foliar:colmo, o que é o um indicativo promissor para o uso dessa planta forrageira em pastejo. A maior produção de massa seca de material morto em função do aumento da dose de N pode estar associada a aceleração da taxa de crescimento das forrageiras adubadas e ao avanço da maturidade fisiológica das mesmas. Isso, porque, além de acelerar os processos metabólicos e a respiração, o N aumenta a área foliar podendo resultar em maior auto-sombreamento. O sombreamento das folhas mais velhas implica em balanço energético negativo, já que a demanda respiratória pode permanecer a mesma ao passo que a fotossíntese

bruta reduz conforme observado por DIAS FILHO (2002) em plantas de *Urochloa brizantha* (Syn. *Brachiaria brizantha*). Nessa condição, as folhas sombreadas passam a funcionar como drenos para os fotoassimilados, reduzindo a eficiência fotossintética da forrageira, que responde a esta condição elevando o processo de senescência.

Independente da dose de nitrogênio, os padrões de produção de forragem total e dos componentes morfológicos do capim BRS Quênia são compatíveis ou maiores do que aqueles observados para outras cultivares de *P. maximum* (COSTA et al., 2006; MARTUSCELLO et al., 2006). Vale destacar que ANDRADE et al. (2013) não observou diferenças significativas na produção de forragem entre as cultivares de *Panicum maximum* BRS capim BRS Quênia (PM46) e Tanzânia. Segundo os autores, o alto padrão de produção das forrageiras promoveu ganhos de peso satisfatórios nos animais avaliados.

A produção de raízes é de extrema importância para avaliação de plantas forrageiras, pois indica a capacidade da planta em explorar as camadas do solo. Avaliações sobre produção de raiz e relação parte aérea:raiz são escassas em plantas forrageiras, ainda mais naquelas recém lançadas, entretanto, são imprescindíveis para o entendimento da produção de forragem. Nesse experimento, plantas com maior produção de raízes (adubadas com 200 mg.dm⁻³ de N) apresentaram maior produção de MST, o que indica o efeito do N na produção total de biomassa (parte aérea + raiz), uma vez que

Tabela 4 - Coeficiente de correlação de Pearson entre características morfológicas do capim BRS Quênia adubado com nitrogênio

	TAIP	NFV	TAIF	CFL	FILO	TApF	TSeF	RLC	NP
TAIP ¹	1	0,9310**	0,7998**	-0,425	-0,9744**	0,9626**	0,9364**	-0,7162**	0,9918**
NFV ²		1	0,8571**	-0,211	-0,8944**	0,8436**	0,7592**	-0,8035**	0,9456**
TAIF ³			1	0,203	-0,6540**	0,6074**	0,5677*	-0,9916**	0,7542**
CFL ⁴				1	0,5985*	-0,6541**	-0,6798**	-0,327	-0,4748ns
FILO ⁵					1	-0,9939**	-0,9604**	0,5539*	-0,9892**
TApF ⁶						1	0,9842**	-0,5004*	0,9717**
TSeF ⁷							1	-0,4565ns	0,9287**
RLC ⁸								1	-0,6670**
NP ⁹									1

¹ taxa de alongamento de pseudocolmo; ² número de folhas vivas; ³ taxa de alongamento de folhas; ⁴ comprimento final da folha; ⁵ filocrono; ⁶ taxa de aparecimento de folhas; ⁷ taxa de senescência de folhas; ⁸ relação lâmina colmo; ⁹ número total de perfilhos; **, *; significativo pelo teste t a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.

essa característica apresentou resposta linear e positiva ($P < 0,001$) a adubação nitrogenada (Tabela 1).

O maior incremento na produção da parte aérea em relação a raiz indica que o fluxo de biomassa foi mais intenso para a parte aérea (Figura 1). De acordo com SANTOS et al. (2006), em plantas de capim-tanzânia o nitrogênio é depositado prioritariamente na parte aérea em relação ao sistema radicular. Essa parece ser também a estratégia utilizada pelo capim BRS Quênia, ou seja, a parte aérea funciona como dreno mais forte que a raiz para o nitrogênio disponível, independentemente da dose de N utilizada. MARTUSCELLO et al. (2009) também relataram a mesma estratégia utilizada por plantas de capim-massai (*P. maximum*) e capim-xaraés (*Urochloa brizantha*). Ressalta-se que, em condições adequadas de crescimento, a redução e assimilação do nitrogênio na parte aérea das plantas é favorecida pela pronta disponibilidade de ATP e potencial redox provenientes da etapa fotoquímica da fotossíntese.

Os altos coeficientes de correlação entre as características produtivas do capim BRS Quênia indicam que o nitrogênio tem grande potencial de aumentar a produção de massa do capim BRS Quênia, que responde a esta mudança no ambiente por meio de maiores taxas de acúmulo de folhas, colmos, raiz e material morto. Possivelmente, em função

desta resposta, o capim BRS Quênia seja mais adaptado a condições de maior fertilidade, que proporcionam taxas de crescimento elevadas e necessidade de cuidados maiores com o manejo da colheita da forragem.

Apesar de ambos os componentes, parte aérea e raízes, terem respondido positivamente à adubação nitrogenada, o estímulo ao crescimento da parte aérea foi maior (Figura 1), resultando em maiores valores de razão parte aérea:raiz. ROBINSON e VAN VUUREN (1998) avaliaram o desenvolvimento do sistema radicular de plantas em substrato com zonas enriquecidas com nitrogênio, fósforo e potássio e observaram maior crescimento do sistema radicular (número de raízes, comprimento e massa), nas zonas enriquecidas com os esses nutrientes.

OLIVEIRA et al. (2009) também relataram redução na eficiência agrônômica da adubação nitrogenada em capim-piatã em função do aumento da dose de nitrogênio. Este comportamento é registrado por LANA (2007) em estudo realizado sobre a resposta de forrageiras tropicais e bovinos ao incremento de nutrientes, a qual obedeceu ao modelo cinético enzimático de Michaelis-Menten. De acordo com MACHADO (2006) este comportamento pode ser explicado pela saturação dos sistemas enzimáticos das plantas responsáveis pela absorção e metabolismo dos nutrientes. Por outro lado, SILVA et al. (2011), avaliando capim-

Tabela 5 – Coeficiente de correlação de Pearson entre características produtivas e morfológicas do capim BRS Quênia adubado com nitrogênio

	Altura	MSF ¹	MSC ²	MSM ³	MST ⁴	MSR ⁵	RPAR ⁶
TAIP ⁷	0,9766**	0,9783**	0,9945**	0,8834**	0,9844**	0,9742**	0,9601**
NFV ⁸	0,9412**	0,9266**	0,9553**	0,6680**	0,9013**	0,8551**	0,9751**
TAIF ⁹	0,7069**	0,6915**	0,7860**	0,4727*	0,6864**	0,6453**	0,7493**
CFL ¹⁰	-0,5179*	-0,5456*	-0,432	-0,7407**	-0,5676*	-0,6174**	-0,422
FILO ¹¹	-0,9922**	-0,9967**	-0,9810**	-0,9203**	-0,9986**	-0,9931**	-0,9653**
TApF ¹²	0,9725**	0,9820**	0,9610**	0,9575**	0,9928**	0,9985**	0,9309**
TSeF ¹³	0,9203**	0,9366**	0,9176**	0,9914**	0,9632**	0,9854**	0,8587**
RLC ¹⁴	-0,6165**	-0,5977*	-0,7033**	-0,356	-0,5887*	-0,5414*	-0,6714**
NP ¹⁵	0,9960**	0,9957**	0,9988**	0,8729**	0,9930**	0,9772**	0,9848**

¹ massa seca de folha; ² massa seca de colmo; ³ massa seca de material morto; ⁴ massa seca total; ⁵ massa seca raiz.; ⁶ razão parte aérea:raiz; ⁷ taxa de alongamento de pseudocolmo; ⁸ número de folhas vivas; ⁹ taxa de alongamento de folhas; ¹⁰ comprimento final da folha; ¹¹ filocrono; ¹² taxa de aparecimento de folhas; ¹³ taxa de senescência de folhas; ¹⁴ relação lâmina colmo; ¹⁵ número total de perfilhos; **, *: significativo pelo teste t a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.

marandu sob diferentes doses de N, reportaram que a eficiência agrônômica do N aumentou com o acréscimo das doses de N aplicadas e seus valores variaram de 21,19 até 52,60 %. Outro fator que pode influenciar a eficiência agrônômica das doses é a lei dos incrementos decrescentes, onde a resposta à adubação nas doses mais baixas tende a ser mais expressiva que o aumento obtido com mudanças em doses elevadas. As principais explicações para isso são a saturação dos sistemas enzimáticos, mencionada anteriormente e a possível limitação causada pela deficiência de outros nutrientes, uma vez que o substancial aumento na biomassa causado pela adubação nitrogenada pode resultar em aumento da demanda por outros nutrientes que, ao se encontrarem em quantidades limitantes, podem reduzir o potencial de resposta da planta.

Outros autores (LOPES et al., 2013; ALEXANDRINO et al., 2004; MARTUSCELLO et al., 2006) encontraram diferenças significativas para taxa de alongamento foliar, comprimento final da lâmina, taxa de senescência foliar e duração de vida das folhas em outras cultivares de *P. maximum* submetidas a diferentes doses de N. Considerando-se que para a TApF o capim BRS Quênia respondeu de forma linear e positiva a adubação nitrogenada, pode-se inferir que essa forrageira prioriza o aparecimento de folhas em detrimento ao

alongamento dessas. De fato, observou-se maior número de folhas vivas para plantas adubadas com nitrogênio (Tabela 2).

O aumento da adubação implicou em menor intervalo entre o surgimento das folhas do capim BRS Quênia. Esse fato se deve a relação inversamente proporcional existente entre a taxa de aparecimento e o filocrono. Para o capim BRS Quênia, notou-se maior aparecimento acompanhado de maior número final de folhas vivas (Tabela 2). O efeito da adubação sobre o número de folhas vivas de forrageiras tropicais foi observado por alguns autores (GARCEZ NETO et al., 2002; BASSO et al., 2010; MARTUSCELLO et al., 2015b), evidenciando que, em condições de maior disponibilidade do nutriente, as forrageiras podem ser capazes de manter maior número final de folhas, aumentando, assim, o acúmulo de biomassa por perfilho.

A correlação entre a taxa de senescência de folhas (TSeF) e o filocrono foi negativa e elevada, evidenciando que a redução do intervalo entre o aparecimento de duas folhas consecutivas impacta diretamente na redução da longevidade das folhas e aumento da TSeF.

Os perfilhos têm grande capacidade de contribuir com o acúmulo de biomassa da pastagem e, provavelmente, foram o fator que mais influenciou a produção de forragem do capim-quênia, já que não houve efeito significativo sobre a TALF. O aumento da

quantidade de folhas vivas por perfilho, associado ao maior número de perfilhos pode ter sido o principal fator que explica o aumento da biomassa de parte aérea com a adubação.

O aumento das taxas de crescimento de folhas, colmos e perfilhos pode estar associado ao encurtamento do filocrono do capim BRS Quênia. De fato, o aumento na TApF, significa redução do seu inverso, que é o filocrono, e aumento no número de gemas que potencialmente pode originar novos perfilhos. Somente foi possível verificar correlação positiva entre o filocrono e o comprimento final da lâmina e a relação lâmina:colmo, respostas que também estão associadas ao efeito do nitrogênio no aumento da taxa de crescimento da forrageira, uma vez que plantas com menor filocrono podem estar apresentando menor taxa de alongamento de colmo, que resulta em relação lâmina:colmo elevada, assim como comprimento final da lâmina.

Em estágio mais avançado do desenvolvimento, as plantas que apresentam maior senescência, de fato, possuem valor baixo de relação lâmina colmo e comprimento final da lâmina. Essa resposta é característica de plantas de crescimento cespitoso ereto e porte elevado, onde o desenvolvimento do dossel é acompanhado por mudanças na partição de fotoassimilados que são direcionados para o crescimento das plantas que se tornam mais competitivas em função da restrição de luz dentro do dossel.

Os coeficientes de correlação negativo o número de perfilhos e as variáveis filocrono, e relação lâmina foliar:colmo (RLC) indicam que as condições que favorecem a o número de perfilhos não são as mesmas que favorecem a elevação do filocrono e da RLC. De fato, o perfilhamento tende a ser maior em condições onde as plantas se encontram em pleno crescimento vegetativo. Além disso, em condições de estresse, seja por deficiência mineral ou por fatores ambientais como a deficiência hídrica, o perfilhamento é a primeira variável a ser reduzida pela planta. Nesse sentido, as plantas com maior suprimento de N provavelmente foram as mesmas que apresentaram filocrono mais curtos e RLC mais baixa.

Atenção especial deve ser dada à correlação elevada e negativa entre a taxa de alongamento

de folha e a relação lâmina:colmo (Tabela 4). Essa associação, do ponto de vista lógico, parece ser contraditória, uma vez que o aumento na quantidade de folhas produzidas ou no alongamento das mesmas pode ser acompanhado de maior peso deste componente em relação aos colmos. Contudo, sob altas doses de nitrogênio, o avanço do estágio fenológico das forrageiras é acelerado, o que implica em aumento considerável na produção de colmos de plantas adubadas, que irão exibir estrutura desfavorável com baixa RLC.

A alta correlação entre as características produtivas e as morfogênicas do capim BRS Quênia indicam que o favorecimento do aumento da massa de qualquer componente morfológico (folhas, colmos, material morto e raiz) esteve associado a maior fluxo de biomassa para as folhas na forma de taxas de aparecimento e alongamento de folhas, de colmos por meio da taxa de alongamento de colmo e maior perfilhamento.

A adubação nitrogenada exerce efeito positivo no crescimento das forrageiras, que além de apresentarem maiores taxas nas variáveis morfogênicas, atingiram maior altura no momento da coleta. A associação positiva entre a altura e a Taxa de aparecimento foliar não é corroborada pelos resultados de DAVIES et al. (1983) com azevém perene (*Lolium perene*), os quais afirmam que o maior pseudocolmo, normalmente observado nas plantas mais altas, proporciona redução da taxa de aparecimento foliar em função do maior percurso para emergência da folha no ápice do perfilho.

A associação positiva da massa seca de material morto com a maioria das variáveis do estudo é indicativo de que a exacerbação do processo de senescência pode estar associada ao desenvolvimento acelerado das plantas adubadas. Nessa mesma linha, nota-se que a associação negativa entre a massa de material morto e o filocrono foi evidenciada e indica que nas situações onde houve menor crescimento, provavelmente nas menores doses do nutriente, o desenvolvimento do dossel foi mais lento e as plantas demoraram para iniciar o processo de senescência.

Condições que desfavoreceram o crescimento do capim BRS Quênia, ou seja, situações com baixo nível de nutrientes, reduziram o crescimento do sistema radicular

e prolongaram o intervalo entre o surgimento de duas folhas e proporcionaram maior RFC.

CONCLUSÕES

A adubação nitrogenada influencia positivamente a produção de forragem em plantas de *Panicum maximum* BRS Quênia e também influencia as características morfológicas da forrageira. Independentemente da adubação nitrogenada, a parte aérea funciona como principal dreno de nitrogênio. Embora a eficiência da adubação nitrogenada em plantas de capim BRS Quênia, diminua medida que se aumenta a dose aplicada, a forrageira responde positivamente a adubação, havendo necessidade de outros estudos para que só possa estipular a dose econômica a ser indicada para essa forrageira.

AGRADECIMENTOS

A EPAMIG pela cessão da casa de vegetação para condução do trabalho e ao CNPq pelo financiamento da pesquisa.

LITERATURA CITADA

ALEXANDRINO, E; NASCIMENTO JUNIOR, D; MOSQUIM, P.R.; REGAZZI, A.J.; ROCHA, F.C. Características morfológicas e estruturais na rebrotação da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a três doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p. 1372-1379, 2004. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982004000600003>

ANDRADE, C.M.S.; FARINATTI, L.H.E.; NASCIMENTO, H.L.B.; ABREU, A.Q.; JANK, L.; ASSIS, G.M.L. Animal production from new *Panicum maximum* genotypes in the Amazon biome, Brazil. **Tropical Grasslands - Forrajes Tropicales**, v. 1, p.1-5, 2013. [https://doi.org/10.17138/tgft\(1\)36-38](https://doi.org/10.17138/tgft(1)36-38)

BASSO, K.C.; CECATO, U.; LUGÃO, S.M.B.; GOMES, J.A.N.; BARBERO, L.M.; MOURÃO, G.B. Morfogenese e dinâmica do perfilhamento em pastos de "*Panicum maximum*" Jacq. cv. IPR-86 Milênio submetido a doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.11, p.976-989, 2010.

BRAZ, T.G.S.; MARTUSCELLO, J.A.; SANTOS, M.E.R.; PEREIRA, V.V. Partial correlation analysis in the study of morphogenesis and herbage accumulation in *Panicum maximum* cv. Tanzânia. **Ciencia Rural**, v. 47, p.1-4, 2017. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20161058>

COSTA, N.L., PAULINO, V.T., MAGALHÃES, J.A. Produção de forragem, composição química e morfogenese de *Panicum maximum* cultivar Vencedor sob diferentes níveis de adubação nitrogenada. **Revista de Saúde e Produção Animal**, v.8, p.66-72, 2006.

CRUZ, C.D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.35, p.271-276, 2013. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v35i3.21251>

DAVIES, A.; EVANS, M.E.; EXLEY, J.K. Regrowth of perennial ryegrass as affected by simulated leaf sheaths. **Journal of Agricultural Science**, v.101, p.131-137, 1983. <https://doi.org/10.1017/s0021859600036455>

DIAS FILHO, M.B. Photosynthetic light response of the C4 grasses *Brachiaria brizantha* and *B. humidicola* under shade. **Scientia Agrícola**, v. 59, p.65-68, 2002. <https://doi.org/10.1590/s0103-90162002000100009>

DURU, M.; DUCROCQ, H. Growth and senescence of the successive leaves on a Cocksfoot tiller. Effect of nitrogen and cutting regime. **Annals of Botany**, v.85, p.645-653, 2000. <https://doi.org/10.1006/anbo.1999.1117>

FREITAS, F.P.; FONSECA, D.M.; BRAZ, T.G.S.; MARTUSCELLO, J.A.; SANTOS, M.E.R. Forage yield and nutritive value of Tanzania grass under nitrogen supplies and plant densities. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, p. 864-872, 2012. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982012000400006>

GARCEZ NETO, A.F.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; REGAZZI, A.J.; FONSECA, D.M.; MOSQUIM, P.R.; GOBBI, K.F. Respostas morfológicas e estruturais de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e alturas de corte.

Revista Brasileira de Zootecnia, v. 31, p. 1890-1900, 2002. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982002000800004>

JANK, L.; ANDRADE, C.M.S.; BARBOSA, R.A.; MACEDO, M.C.M.; VALÉRIO, J.R.; VERZIGNASSE, J.; ZIMMER, A.H.; FERNANDES, C.D.; SANTOS, M.F.; SIMEÃO, R.M. **O capim- BRS Quênia (*Panicum maximum* Jacq.) na diversificação e intensificação das pastagens**. Brasília: EMBRAPA/CNPGC, 2017. 17p. (EMBRAPA - CNPGC. Comunicado Técnico 138).

LANA, R.P. **Respostas Biológicas aos Nutrientes**. 1ª Edição Viçosa: Editora CPD, 2007. 177p.

LINS, T. O. A.; CECATO, U.; PINHEIRO, A.A.; IWAMOTO, S.; KRUTZMANN, A.; BELONI, T.; SILVA, R. R. Características morfogênicas do capim-Tanzânia consorciado com Estilosantes Campo Grande ou adubado com nitrogênio sob pastejo. **Semina: Ciências Agrárias, Londrina**, v. 36, p. 2739-2752, 2015. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n4p2739>

LOPES, M.N.; CÂNDIDO, M.J.D.; POMPEU, R.C.F.F.; SILVA, R.G.; LOPES, J.W.B.; FERNANDES, F.R.B.; LACERDA, C.F.; BEZERRA, M.L. Fluxo de biomassa em capim-massai durante o estabelecimento e rebrotação com e sem adubação nitrogenada. **Revista Ceres**, v. 60, p. 363-371, 2013. <https://doi.org/10.1590/s0034-737x2013000300009>

MACHADO, E.J. **Uso do Bootstrap na estimação de parâmetros em modelos não lineares: uma aplicação em mecanismos cinéticos de Michaelis-Menten**. 2006. 131p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

MARQUES, M.F., ROMULADO, L.M., MARTINEZ, J.F., LIMA, C.G., LUNARDI, L.J., LUZ, P.H.C., HERLING, V.R. Momento de aplicação do nitrogênio e algumas variáveis estruturais e bromatológicas do capim-massai. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.68, p. 776-784. 2016. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-8500>

MARTUSCELLO, J.A.; BRAZ, T.G.S.; JANK, L.; CUNHA, D.N.F.V.; CARVALHO, A.L.S. Identification of ideotypes by canonical analysis in *Panicum maximum*. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 39, p. 142-154, 2015a. <https://doi.org/10.1590/s1413-70542015000200006>

MARTUSCELLO, J.A.; FARIA, D. J. G.; CUNHA, D. N. F. V.; FONSECA, D. M. Adubação nitrogenada e partição de massa seca em plantas de *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés e *Panicum maximum* x *Panicum infestum* cv. Massai. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, p. 663-667, 2009. <https://doi.org/10.1590/s1413-70542009000300001>

MARTUSCELLO, J.A.; FONSECA, D.M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; SANTOS, P.M.; CUNHA, D.N.F.V. Características morfogênicas e estruturais de capim-massai submetido a adubação nitrogenada e desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 665-671, 2006. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982006000300006>

MARTUSCELLO, J.A.; FONSECA, D.M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; SANTOS, P.M.; RIBEIRO JR, J.I.; CUNHA, D.N.F.V.; MOREIRA, L.M. Características morfogênicas e estruturais do capim-xaraés submetido à adubação nitrogenada e desfolha. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.1475-1482, 2005. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982005000500007>

MARTUSCELLO, J.A.; SILVA, L.P.; CUNHA, D.N.F.V.; SANTOS, A.C.B.; BRAZ, T.G.S.; FERREIRA, P.S. Adubação nitrogenada em capim-massai: morfogênese e produção. **Ciência Animal Brasileira**, v. 16, p.1-13, 2015b. <https://doi.org/10.1590/1089-68916i118730>

OLIVEIRA, F.L.R.; BRAZ, T.G.S.; SANTOS, M.V.; FONSECA, D.M.; LOPES, C.F.; VIEIRA, L.M.G. Parâmetros cinéticos da resposta produtiva do capim-piatã a adubação nitrogenada. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AGROPECUÁRIA SUSTENTÁVEL, 1., 2009, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG, 2009. p.629-633.

ROBINSON, D.; VAN VUUREN, M.M.I. Responses of wild plants to nutrient patches in relation to growth rate and life form. In: LAMBERS, H.; POORTER, H.; VAN VUUREN, M.M.I., (eds). **Inherent variation in plant growth. physiological mechanisms and ecological consequences**. Leiden: Backhuys Publishers, 1998. p. 237-257.

SANTOS, P.M.; CORSI, M.; PEDREIRA, C.G.S.; LIMA, C.G. Tiller cohort development and digestibility in Tanzania guinea grass (*Panicum maximum* cv. Tanzania) under three levels of grazing intensity. **Tropical Grasslands**, v. 40, p. 84-93, 2006.

SILVA, D.R.G.; COSTA, K.A.P.; FAQUIM, V.; OLIVEIRA, I.O.; SOUZA, M.R.F.; SOUZA, M.A.S. Eficiência nutricional e aproveitamento do nitrogênio pelo capim-marandu de pastagem em estágio moderado de degradação sob doses e fontes de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, p. 242-249, 2011. <https://doi.org/10.1590/s1413-70542011000200003>

SOARES FILHO, C.V.; CECATO, U.; RIBEIRO, O.L.; ROMA, C.F.C.; BELONI, T. Morphogenesis in pastures with Tanzania grass fertilized with nitrogen doses under a grazing system. **Acta Scientiarum: Animal Sciences**, v. 37, p. 235-241, 2015. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v37i3.27101>.