



Características morfológicas e estruturais de capim-mombaça em três densidades de cultivo adubado com nitrogênio¹

Vinícius Valim Pereira², Dilermando Miranda da Fonseca³, Janaina Azevedo Martuscello⁴,
Thiago Gomes dos Santos Braz², Márcia Vitória Santos², Paulo Roberto Cecon⁵

¹ Projeto financiado pela FAPEMIG.

² Programa de Pós-graduação em Zootecnia/Universidade Federal de Viçosa.

³ Departamento de Zootecnia – DZO/Universidade Federal Viçosa.

⁴ Universidade Federal de Alagoas/Campus – Arapiraca.

⁵ Departamento de Informática/Universidade Federal Viçosa.

RESUMO - Objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da adubação nitrogenada e da densidade de plantas nas características morfológicas e estruturais do capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq. cv mombaça). O experimento foi realizado em delineamento de blocos casualizados, com 12 tratamentos e três repetições, com quatro doses de nitrogênio (0, 80, 160 e 320 kg/ha.ano) e em três densidades (9, 25 e 49 plantas/m²) nas quatro estações do ano. O corte foi realizado a 30 cm do nível do solo, quando o dossel atingia 95% de interceptação luminosa. Foram mensuradas as taxas de aparecimento foliar, senescência e alongamento foliar, filocrono, taxa de alongamento de pseudocolmo, número de folhas vivas, duração de vida das folhas, número de perfilhos totais por touceira e taxas de aparecimento e mortalidade dos perfilhos totais. A adubação nitrogenada influenciou positivamente as taxas de aparecimento foliar e de perfilhos totais (outono e inverno), as taxas de alongamento foliar (primavera e verão) e de pseudocolmos (verão), a taxa de senescência foliar (outono, inverno, primavera e verão) e o número de folhas vivas e de perfilhos totais (primavera e verão). A adubação também influenciou positivamente o perfilhamento do capim-mombaça. As densidades mais elevadas aumentaram as taxas de alongamento e senescência foliar e diminuíram o número de perfilhos. A adubação nitrogenada reduz o filocrono e a duração de vida das folhas (primavera e verão), mas não influencia a taxa de mortalidade de perfilhos.

Palavras-chave: adubação nitrogenada, interceptação luminosa, perfilho

Morphogenic and structural characteristics of *Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça under three densities of fertilization with nitrogen

ABSTRACT - The objective of this experiment was to evaluate the effect of the nitrogen fertilization and density of plants in the morphogenic and structural characteristics of mombaça grass (*Panicum maximum* Jacq.). The experiment was set up as a completely randomized block design with 12 treatments and three repetitions, with four applications of nitrogen (0, 80, 160 and 320 kg/ha.year) and three densities (9, 25 and 49 plants/m²) in the four seasons of the year. The plot was cut at 30 cm from the ground, when the light interception reached 95%. The following measures were done: leaf appearance and elongation rate, Phyllochron, leaf senescence rate, number of live leaves, leaf lifetime, stem elongation rate and rates of appearance and mortality of the total tiller. Nitrogen fertilization positively influenced the leaf and tiller appearance (fall and winter) rates, leaf elongation (spring and summer), and stem elongation (summer) rates, leaf senescence (all the stations) rate and number of live leaves and tillers (spring and summer). The fertilization also influenced positively the tillering of mombaça grass. Higher densities of plants increased the elongation and leaf senescence rates and decreased the number of tillers. Nitrogen fertilization reduces the phyllochron and life length of leaves (spring and summer), but does not affect the mortality rate of tillers.

Key Words: light interception, nitrogen fertilization, tiller

Introdução

A produção animal em pastagens pode ser entendida como um processo de três fases: crescimento da planta forrageira, utilização da forragem e sua conversão em produto animal (Hodgson, 1990). A eficiência de conversão

em produto animal pode ser melhorada com o uso de fertilizantes, principalmente nitrogênio, por meio do aumento no fluxo de tecidos (Duru & Ducrocq, 2000).

O sucesso na utilização de forragem depende da compreensão dos mecanismos morfofisiológicos e de sua interação com o ambiente. Os estudos de fluxo de tecidos

vêm se constituindo importante técnica para avaliação da dinâmica de folhas e perfilhos em pastagens. Nessas avaliações, a morfogênese pode ser descrita por três características básicas: taxa de aparecimento de folhas, taxa de alongamento de folhas e duração de vida da folha, cuja combinação determina as principais características estruturais das pastagens: tamanho da folha, densidade populacional de perfilhos e número de folhas vivas por perfilho (Lemaire & Chapman, 1996).

A taxa de aparecimento de folhas tem papel central na morfogênese, por sua influência direta sobre os três componentes da estrutura do pasto: relação lâmina:colmo, densidade populacional de perfilhos e número de folhas por perfilhos (Lemaire & Chapman, 1996). Taxas de crescimento individuais podem ser controladas por dois fatores principais: o suprimento de energia para fotossíntese e o número e atividade de pontos de crescimento (Hodgson, 1990). A produção de novos perfilhos é, normalmente, um processo contínuo, que pode ser acelerado pela desfolhação da planta e melhoria do ambiente luminoso na base do dossel.

Fluxos de carbono para os meristemas apicais após a desfolhação têm sido caracterizados como importante resposta adaptativa da planta para sua recuperação. Esse fluxo, no entanto, parece ser influenciado pelos processos de absorção, partição e reciclagem de nitrogênio. A utilização de carbono em atividades meristemáticas associadas a processos morfogênicos tem se mostrado bastante dependente de uma adequada nutrição nitrogenada (Gastal et al., 1992).

O conhecimento das características morfogênicas tem por objetivo identificar e planejar estratégias de manejo da forragem para assegurar longevidade, produtividade e sustentabilidade ao ecossistema. Dessa forma, objetivou-se avaliar a influência da densidade de planta e da adubação nitrogenada sobre as características morfogênicas e estruturais do capim-mombaça em estabelecimento.

Material e Métodos

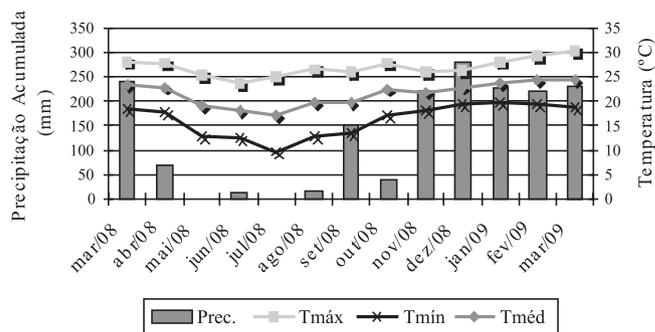
O experimento foi conduzido em área pertencente ao Setor de Forragicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, no período de fevereiro de 2008 a março de 2009. O município de Viçosa está localizado na região da Zona da Mata Mineira, a uma altitude de 651 m acima do nível do mar, nas seguintes coordenadas geográficas: 20° 45' 40" de latitude e 42° 51' 40" de longitude oeste. Segundo a classificação de Köppen, o tipo climático é Cwa, com precipitação pluvial média anual em torno de 1.480 mm, umidade relativa do ar de 80% e

temperaturas médias máximas e mínimas de 26,6 e 15,9 °C, respectivamente (Figura 1).

Os tratamentos consistiram da combinação de quatro doses de nitrogênio (0, 80, 160 e 320 kg/ha) e três densidades de plantas (9, 25 e 49 plantas/m²), segundo um fatorial 4 × 3, em delineamento de blocos casualizados, com três repetições, totalizando 36 unidades experimentais com 9 m² cada. Na área experimental, antes da demarcação das parcelas, foram retiradas amostras de solo para caracterização química e física e posterior correção da acidez e aplicação de adubos necessários. Para maior rigor na densidade de plantas estabelecidas de 9, 25 e 49 por m², a semeadura do capim-mombaça foi realizada em casa-de-vegetação, em bandejas contendo substrato agrícola comercial, onde permaneceram até as plântulas atingirem, aproximadamente, 10 cm de altura, quando foram transplantadas para as parcelas.

O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 1999), com textura argilosa. Os resultados da análise química da amostragem de solo, realizada na camada 0-20 cm, foram: pH em H₂O: 6,30; P: 2,10 (Mehlich) e K: 132,00 mg.dm⁻³; Ca⁺²: 2,80; Mg⁺²: 1,00 e Al⁺³: 0,00 cmol_c.dm⁻³ (KCl 1 mol.L⁻¹), CTC (T): 4,14 cmol_c.dm⁻³, soma de bases: 4,14 cmol_c.dm⁻³, H + Al: 3,80 cmol_c.dm⁻³ e 1,30 dag.kg⁻¹ de matéria orgânica e 20,35 de P-rem.

Pelos resultados da análise de solo, efetuou-se a aplicação de 667 kg/ha de superfosfato simples, incorporados ao solo a 5 cm de profundidade. As doses de nitrogênio foram divididas em três aplicações: a primeira logo após o corte de uniformização, realizado em fevereiro de 2008; e as demais, após o segundo e o terceiro cortes em cada parcela. Foram aplicados 150 kg/ha de K₂O, divididos



Fonte: Departamento de Engenharia Agrícola/UFV.

Figura 1 - Média da precipitação pluvial mensal acumulada (Prec.) e das temperaturas máximas (Tmáx), médias (Tméd) e mínimas (Tmín) observadas durante o período experimental.

em duas aplicações, uma logo após o corte de uniformização e a segunda, após o segundo corte em cada parcela. As fontes de nitrogênio e potássio foram ureia (46% de N) e cloreto de potássio (60% de K₂O), respectivamente.

Em novembro de 2007, realizou-se o corte de uniformização a uma altura de 30 cm do solo. Foi feito o acompanhamento da interceptação luminosa nas parcelas para realização os demais cortes (colheitas) aos 95% de interceptação luminosa (IL).

Para avaliação das características morfológicas, após 15 dias da transplantação do capim-mombaça, foram marcados dois perfis correspondentes cada um a uma touceira (unidade de amostragem) em cada uma das parcelas experimentais. A cada três dias, foram medidos o comprimento da lâmina foliar e a altura até a lígula da última folha expandida, e feitos o registro de novas folhas surgidas em cada um dos perfis e em cada uma das datas de avaliação. As medidas de comprimento foram feitas com régua milimetrada. Foram realizados cálculos para determinação das seguintes variáveis: taxa de aparecimento foliar (TApF), em folhas/perfilho.dia; filocrono (inverso da taxa de aparecimento de folhas), em dias; taxa de alongamento de folhas (TAIF), em cm/perfilho.dia; taxa de senescência de folhas (TSeF), em cm/perfilho.dia; número de folhas vivas (NFV), contagem do número de folhas vivas, não-senescentes; duração de vida das folhas (DVF), em dias; e taxa de alongamento de pseudocolmo (TAIPC), em cm/perfilho.dia. Os resultados por parcela foram provenientes da média de duas touceiras (unidade de amostragem) por unidade experimental.

No início do período experimental, todos os perfis existentes nas touceiras selecionadas foram contados e marcados com arames revestidos de plástico de determinada cor. A cada nova amostragem (cada 28 dias), novos perfis foram marcados com cores diferentes. A partir disso, foi obtida a estimativa da população de perfis de todas as

gerações, permitindo o cálculo das taxas de aparecimento e mortalidade, conforme as fórmulas:

$$\text{Taxa de aparecimento} = \frac{\text{número de perfilho novos (última geração marcada)}}{\text{número de perfilho totais existentes (geração marcação anterior)}} \times 100$$

$$\text{Taxa de mortalidade} = \frac{\text{perfis marcados anteriores} - \text{perfis sobreviventes (marcação atual)}}{\text{número total de perfis na marcação anterior}} \times 100$$

A interceptação de luz e a altura do dossel foram monitoradas em intervalos de três dias, passando para diariamente quando os níveis de interceptação luminosa se aproximaram da meta (95%). Foram tomadas três medidas em cada parcela, seguindo a relação de uma medida acima para cinco medidas abaixo do dossel, no nível do solo. Para avaliação da interceptação luminosa, foi utilizado um aparelho analisador de dossel – AccuPAR Linear PAR/PAI captometer, Model – 80 (DECAGON Devices®). A altura do dossel foi registrada utilizando-se régua graduada em centímetros, sendo medida em dez pontos de cada unidade experimental.

Os dados foram submetidos à análise de regressão, em função das doses de nitrogênio e densidade das plantas, selecionando-se as equações pelo coeficiente de determinação (R²) e significância a 10% (dos coeficientes de acordo com o teste t). As equações de regressão foram ajustadas pelas médias das variáveis por tratamento, sendo o R² dado por: SQReg/SQtrat.

Resultados e Discussão

A taxa de aparecimento foliar (TApF) apresentou resposta linear positiva à adubação nitrogenada em todas as estações e também à densidade de plantas, com exceção do verão (Tabela 1). No outono, sem adubação nitrogenada na densidade de 9 plantas/m², a taxa de aparecimento foliar foi de 0,19 folha/dia e, na dose de 320 kg/ha com 49 plantas/m², de 0,41 folha/dia, representando aumento de 115%. Já no inverno, em comparação aos valores observados no outono, o aumento foi de 82%.

Tabela 1 - Equações para taxa de aparecimento foliar e filocrono em plantas de capim-mombaça, em função das densidades de plantas e, ou, das doses de nitrogênio

Estação	Equação ajustada	R ²
	Taxa de aparecimento foliar (folhas/dia)	
Outono	$\hat{Y} = 0,17977 + 0,000439016^{\circ}N + 0,0018615^{**}D$	0,67
Inverno	$\hat{Y} = 0,0133152 + 0,0001142^{\circ}N + 0,0005068^{\circ}D$	0,52
Primavera	$\hat{Y} = 0,040099 + 0,00027593^{**}N + 0,0012431^{*}D$	0,68
Verão	$\hat{Y} = 0,119692 + 0,0004369^{**}N$	0,52
	Filocrono (dias)	
Outono	$\hat{Y} = 4,29612 - 0,00282794^{\circ}N - 0,0424107^{**}D$	0,62
Inverno	$\hat{Y} = 29,8968 - 0,193200^{**}N + 0,000385833^{\circ}N^2$	0,90
Primavera	$\hat{Y} = 24,9581 - 0,0653236^{**}N$	0,68
Verão	$\hat{Y} = 8,96646 - 0,0181039^{**}N$	0,53

** P<0,01; * P<0,05; e ° P<0,10.

Na primavera, a taxa de aparecimento foliar foi menor que no outono e, na dose de 320 kg/ha com 49 plantas/m², foi de 0,19 folha/dia. Essa diminuição dos valores é atribuída a períodos de transição seca-água, em que os fatores abióticos ainda não estão disponíveis em níveis adequados.

No verão, na ausência de aplicação de nitrogênio, foi de 0,1196 folha/dia e com 320 kg/ha e 0,2595 folha/dia (Tabela 1). Segundo Duru & Ducrocq (2000), a influência do nitrogênio na taxa de aparecimento foliar pode ser analisada como resultado da combinação de fatores como comprimento de bainha, alongamento foliar e temperatura. Garcez Neto et al. (2002), em trabalho com quatro doses de nitrogênio (0, 50, 100 e 200 mg/dm³) e três intensidades de corte (5, 10 e 20 cm) em capim-mombaça, observaram aumentos de até 104% nessa variável. De acordo com esses autores, o nitrogênio foi o principal responsável pelo aumento na taxa de aparecimento foliar.

As variações na taxa de aparecimento foliar entre as estações são devidas aos fatores abióticos, como a temperatura, que, de acordo com Da Silva (2008), estimula a atividade específica de meristemas por meio de seu efeito coordenado, tanto sobre os processos de divisão quanto de expansão celular. Dessa maneira, quando submetidas a temperaturas crescentes, as plantas respondem aumentando de forma linear a taxa de aparecimento foliar. Por outro lado, o déficit de água no outono e inverno reduziu essa variável. A restrição ao crescimento da parte aérea constitui uma forma de “economia” de recursos, com alterações nos padrões de partição e distribuição de carbono na planta.

De acordo com Oliveira et al. (2007), em condição de alta disponibilidade de nitrogênio, ocorre aumento do crescimento da planta, com alongamento dos entrenós, empurrando a folha nova para fora da bainha da folha precedente, o que pode causar aumento na taxa de aparecimento foliar.

Observou-se efeito linear da densidade de cultivo sobre a taxa de aparecimento foliar, que foi maior na densidade de 49 plantas/m² no outono, inverno e primavera. Esse efeito pode ser atribuído à maior frequência de colheita ao atingir interceptação luminosa de 95%. Segundo Da Silva (2008), ritmos de crescimento mais acelerados associados às épocas do ano de maior disponibilidade de fatores de crescimento, como a primavera e o verão, resultam em maior frequência de colheita das plantas, condição que resulta em renovação da população de plantas na área.

O filocrono reduziu linearmente ($P < 0,01$) de acordo com as doses de nitrogênio na primavera e verão e apresentou efeito quadrático no inverno, porém não foi influenciado ($P > 0,10$) pelas densidades de plantas nestas

estações. A densidade de plantas apresentou efeito linear negativo ($P < 0,01$) e a adubação, efeito linear negativo ($P < 0,10$) no outono (Tabela 1).

Os maiores valores de filocrono foram observados no inverno (Tabela 1), o que está relacionado a fatores abióticos e ao aumento do intervalo de cortes. Considerando filocrono o inverso da taxa de aparecimento foliar, seus valores aumentam no inverno, o que resulta em menor número de colheita nesta estação e os efeitos são observados apenas na estação seguinte (primavera). No outono, com densidade de 9 plantas/m² e 320 kg/ha de nitrogênio, o filocrono foi de 3,00 dias/folha.perfilho e, para 49 plantas/m², com a mesma adubação, de 1,31 dia/folha.perfilho. Martuscello et al. (2006) verificaram em plantas de capim-massai influência, tanto da adubação nitrogenada quanto do regime de desfolhação sobre o filocrono, que diminuiu nas doses mais altas e nas menores frequências de desfolhação. De acordo com esses autores, a redução do filocrono com a adubação nitrogenada está relacionada ao efeito do nitrogênio sobre o crescimento das plantas, conferindo maior capacidade de rebrotação, visto que, após a desfolhação, a rápida recuperação de seu aparato fotossintético pode possibilitar ou não a sobrevivência da planta na comunidade vegetal. Neste trabalho, os valores de filocrono evidenciaram a importância do nitrogênio na redução do tempo para o aparecimento de folhas sucessivas, uma vez que aumentou a produção de novas células, comprovando reflexo positivo no número de folhas por planta. Esse fato tem relevância, pois as folhas são a parte da planta com maior valor nutritivo.

A taxa de alongamento foliar (TAIF) na primavera e no verão foi influenciada linear e positivamente ($P < 0,01$) pela adubação nitrogenada e pela densidade de plantas (Tabela 2). No inverno, a taxa de alongamento foliar foi influenciada de forma linear positiva pela adubação nitrogenada ($P < 0,05$) e pela densidade de plantas ($P < 0,01$) e linear negativa ($P < 0,05$) apenas pela adubação no outono. Na dose de 320 kg/ha com 49 plantas/m², a taxa de alongamento foliar foi de 2,28 cm/dia. Na primavera, o aumento foi de 414% nessa variável para plantas adubadas com 320 kg/ha de N em comparação àquelas sem adubação nitrogenada. A taxa de alongamento foliar foi nula no inverno, possivelmente pela presença de fatores climáticos desfavoráveis ao crescimento das plantas.

O efeito prejudicial do estresse hídrico sobre as plantas forrageiras é manifestado pela redução no peso da massa seca e pelo retardamento do alongamento foliar e da emergência de inflorescência. Segundo Drumond (2005), o número de folhas novas diminui sob deficiência hídrica. Por outro lado, mesmo com baixa disponibilidade, o nitrogênio

Tabela 2 - Equações de regressão para taxas de alongamento foliar (TAIF) e alongamento de pseudocolmo (TAIP) de capim-mombaça em três densidades de cultivo com adubação nitrogenada

Estação	Equação ajustada	R ²
	Taxa de alongamento foliar (cm/dia)	
Outono	$\hat{Y} = 1,5527 - 0,0022492*N$	-
Inverno	$\hat{Y} = -0,347251 + 0,00349957*N + 0,0308480**D$	0,64
Primavera	$\hat{Y} = 0,346900 + 0,0043288**N + 0,0251064**D$	0,77
Verão	$\hat{Y} = 1,36317 + 0,00465976**N + 0,0116712**D$	0,89
	Taxa de alongamento de pseudocolmo (cm/dia)	
Outono	$\hat{Y} = 3,1905 - 0,040936**D$	0,37
Inverno	$\hat{Y} = 0,02$	ns
Primavera	$\hat{Y} = 0,018330 + 0,0010501**N$	0,72
Verão	$\hat{Y} = 0,057872 + 0,0019630**N + 0,00431894^{\circ}D$	0,81

** P<0,01; * P<0,05, e ° P<0,10.

promoveu efeito na taxa de alongamento foliar, o que, a longo prazo, afeta o crescimento da planta na estação seguinte, elevando sua qualidade e diminuindo possíveis problemas do período de transição seca-águas.

No verão, na ausência de aplicação de nitrogênio em densidade de 9 plantas/m², a taxa de alongamento foliar foi de 1,47 cm/dia e, na dose de 320 kg/ha com 49 plantas/m², de 3,42 cm/dia. Em relação à estação anterior (primavera), com a maior dose de nitrogênio e maior densidade de plantas, o aumento na taxa de aparecimento de folha foi de 16%.

A ocorrência de maior TAIF nas maiores densidades pode ser explicada pelo fato de que plantas em dosséis mais densos tendem a maior alongamento foliar para buscar maior interceptação de luz nas condições de competição. Os aumentos promovidos pelas doses de nitrogênio foram superiores aos causados pelas densidades de plantas (Tabela 2), o que sugere maior efeito do nitrogênio na produção de folhas em pastos de capim-mombaça. Assim, aumentos promovidos pela aplicação de 320 kg/ha de nitrogênio no verão, em relação à ausência de aplicação, foram de 103, 96 e 88% para as densidades de 9, 25 e 49 plantas/m², respectivamente, enquanto, com o aumento da densidade de plantas de 9 para 49 plantas/m², os acréscimos foram de 16, 11, 9, e 8%, respectivamente, para a ausência de adubação e para as doses de 80, 160 e 320 kg/ha de nitrogênio.

A taxa de alongamento foliar é uma das características morfológicas mais influenciadas pela adubação nitrogenada (Garcez Neto et al., 2002; Martuscello et al., 2005; Martuscello et al., 2006; Oliveira et al., 2007) e na maioria dos trabalhos sua resposta a doses de nitrogênio é linear e positiva. De acordo com Marschner (1995), o nitrogênio faz parte da estrutura de diversos compostos essenciais ao crescimento de plantas, pode estimular o desenvolvimento de folhas, colmos e raízes, e sua deficiência pode reduzir tanto a divisão quanto a expansão celular, o que afeta diretamente o alongamento de folhas.

A taxa de alongamento de pseudocolmo (TAIPC) teve efeito linear negativo (P<0,01) somente na densidade de plantas no outono. No inverno não houve efeito (P>0,10) e na primavera houve efeito linear positivo (P<0,01) somente para doses de nitrogênio. No verão, a taxa de alongamento de pseudocolmos foi influenciada de forma linear e positiva tanto pelas doses de nitrogênio quanto pelas densidades de plantas (Tabela 2).

No verão, a taxa de alongamento de pseudocolmos na ausência de adubação nitrogenada e com 9 plantas/m² foi de 0,09 cm/dia e na dose de 320 kg/ha com 49 plantas/m² foi de 0,89 cm/dia. O nitrogênio é importante para a produtividade de forrageiras, pois atua no tamanho das folhas e dos colmos e no aparecimento e desenvolvimento dos perfilhos, diretamente relacionados à produção de massa seca do pasto (Werner, 1986).

Quando a colheita da forragem é realizada aos 95% de interceptação de luz, como neste experimento, espera-se que a taxa de alongamento de pseudocolmos seja reduzida, porém o aumento do número de colheitas nas doses mais elevadas pode ter causado efeito positivo sobre essa variável. Os resultados na literatura relativos à taxa de alongamento de pseudocolmos têm sido bastante contraditórios. A ausência de efeito do nitrogênio sobre essa variável está, muitas vezes, associada ao alto coeficiente de variação.

Em relação à densidade de plantas, o aumento na taxa de alongamento de pseudocolmos do capim-mombaça pode ser atribuído à maior competição por luz, uma vez que as plantas tendem a alongar o colmo para facilitar a captação da radiação fotossinteticamente ativa pelas folhas, mesmo com 95% de interceptação de luz. Resultados semelhantes foram encontrados por Braz et al. (2011), em experimento com capim-tanzânia em dossel estabelecido.

A taxa de senescência foliar (TSeF) sofreu efeito linear positivo, tanto da adubação nitrogenada (P<0,01) quanto

das densidades de planta ($P < 0,10$) em todas as estações (Tabela 3).

No decorrer das estações, houve aumento na taxa de senescência foliar (TSeF), o que provavelmente decorreu das variações nos fatores climáticos, como resultado do maior índice de precipitação pluvial durante o verão, acelerando o fluxo de tecidos e propiciando elevada taxa de senescência foliar (TSeF) durante o outono-inverno. Resultados semelhantes foram encontrados por Gomes et al. (2007), que, em pesquisa com capim-aruaana em doses crescentes de nitrogênio de 0 a 750 kg/ha, observaram valores de TSeF que variaram de 0,94 a 1,05 cm/dia no verão, respectivamente. Wilman et al. (1977) verificaram que o número de folhas mortas foi maior quando o intervalo de colheita aumentou.

Quando há limitação dos fatores abióticos, como temperatura, umidade, luminosidade e fotoperíodo, a taxa de senescência foliar (TSeF) tende a ser menos influenciada, tanto pelas doses de nitrogênio quanto pelas densidades de plantas, fato observado no inverno. Após aplicação de fertilizante nitrogenado, a quantidade de perdas de tecido foliar por senescência aumenta em comparação aos relvados não adubados se estes não forem severamente desfolhados antes do período correspondente à duração de vida da folha média da espécie (Nabinger & Pontes, 2001). Dessa forma, podem ocorrer efeitos adversos na produção animal, como consequência do acúmulo excessivo de tecido foliar morto, quando o método de manejo não é bem controlado (períodos fixos) e não são utilizados fertilizantes nitrogenados.

A taxa de senescência foliar (TSeF) aumentou à medida que se elevou o número de plantas/m densidade de plantas. De acordo com Guilherme (2000), uma redução considerável no crescimento de espécies, tanto em combinações intra como interespecíficas, é resultante de competição espacial entre grupos de plantas que ocupam o mesmo local em determinado período de tempo. O arranjo equidistante de plantas reduz o autossombreamento e retarda o início da competição intraespecífica por recursos do solo, levando a uma eficiência máxima na captura e no uso de recursos por uma cultura livre de invasoras. Em dosséis muito densos, além da baixa intensidade luminosa, a luz que chega à base

da touceira também é de qualidade inferior, pois é filtrada nos estratos superiores do dossel, aumentando assim a taxa de senescência foliar.

A adubação nitrogenada e a densidade de plantas não tiveram efeito ($P > 0,10$) sobre a duração de vida da folha (DVF) no outono e inverno, com médias de 23,67 e 67,33 dias, respectivamente, porém a adubação influenciou linear negativamente essa variável na primavera ($P < 0,01$; $\hat{Y} = 109,258 - 0,249040**N$; $R^2 = 0,74$) e no verão ($P < 0,05$; $\hat{Y} = 52,6605 - 0,0883825*N$; $R^2 = 0,41$).

Na primavera, com ausência de adubação, a duração de vida da folha foi de 109 dias, enquanto com 320 kg/ha foi de 29 dias, uma diminuição de 275% de tempo de vida da folha. Já no verão, o efeito da adubação nitrogenada foi menor, pois o tempo de vida da folha apresentou redução de 92% em relação à ausência de adubação e à maior dose de nitrogênio aplicada.

A maior duração de vida das folhas na ausência de aplicação de nitrogênio ocorre em detrimento da expansão de novas folhas. Por outro lado, com a adubação nitrogenada, a duração de vida da folha reduz, acelerando consequentemente o processo de senescência. Segundo Martuscello et al. (2005), a redução na duração de vida das folhas com a adubação nitrogenada pode ser explicada pela maior renovação de tecidos nas plantas. Martuscello et al. (2006) também observaram influência linear negativa, tanto da adubação nitrogenada como da frequência de desfolhação, na duração de vida da folha de capim-massai. Por outro lado, Oliveira et al. (2007) registraram aumentos dessa variável em resposta à adubação nitrogenada e potássica combinadas, com valores de 28,5 e 28,0 dias para as combinações de NK e NPK, respectivamente, e 20,3 dias para as plantas que não foram fertilizadas.

Os resultados encontrados na literatura sobre a duração de vida da folha são contrastantes, provavelmente em decorrência de variações no meio. Em ambientes de maior densidade de plantas em parcelas ou pastagens, o efeito da competição e dos autossombreamento se torna mais importante para essa variável, que tende a diminuir com o aumento do suprimento de nitrogênio. De acordo com Nabinger (1997), o conhecimento da duração de vida da

Tabela 3 - Equações de regressão para a taxa de senescência foliar (TSeF) em plantas de capim-mombaça em três densidades de cultivo com adubação nitrogenada

Estação	Equação ajustada	R ²
Outono	$\hat{Y} = 0,5725 + 0,000952511**N + 0,00351297^{\circ}D$	0,56
Inverno	$\hat{Y} = 0,9472 + 0,0010303**N + 0,00390653^{\circ}D$	0,56
Primavera	$\hat{Y} = 0,3719 + 0,00106071**N + 0,0039309^{\circ}D$	0,59
Verão	$\hat{Y} = 0,3250 + 0,00097023**N + 0,0042763^{\circ}D$	0,55

** $P < 0,01$; * $P < 0,05$ ° $P < 0,10$.

folha é fundamental para o manejo da pastagem, pois funciona como indicador para determinação da intensidade de pastejo em lotação contínua ou da frequência de pastejo rotativo.

O número de folhas vivas (NFV) não foi afetado pelas doses de nitrogênio nem pelas densidades de cultivo no outono (5,55 folhas) e inverno (3,20 folhas), mas foi influenciado linear e positivamente pelas doses de nitrogênio ($P < 0,01$) no verão ($\hat{Y} = 5,2165 + 0,00299107^{**}N$; $R^2 = 0,41$). Já na primavera, sofreu efeito ($P < 0,01$), tanto das doses de nitrogênio quanto da densidade de plantas ($\hat{Y} = 4,0054 + 0,00308284^{**}N + 0,0245511^{**}D$; $R^2 = 0,67$).

No verão, o número de folhas vivas na ausência de adubação foi de 5,21 folhas e com 320 kg/ha, de 6,17 folhas, e isso representa aumento de 18,42%. Na primavera, na ausência de adubação, o número de folhas vivas foi de 4,22 folhas e com 320 kg/ha de nitrogênio, de 6,29 folhas. O efeito do nitrogênio no número de folhas vivas está em concordância com os resultados descritos por Garcez Neto et al. (2002) em experimento com capim-mombaça em casa-de-vegetação. Esses autores observaram efeitos quadrático e linear positivo da adubação nitrogenada no número total de folhas e no número de folhas verdes, respectivamente.

Em campo, as variáveis ambientais atuam no crescimento da gramínea, intensificando os efeitos do clima nas características morfológicas. Assim, os efeitos do déficit hídrico podem estar associados a outros fatores, como temperaturas supraótimas ou redução na disponibilidade de nutrientes, que normalmente se verificam em condições de limitação hídrica (Nabinger & Pontes, 2001).

O número de perfilhos por touceira (NPT) decresceu linearmente ($P < 0,01$) de acordo com as densidades de planta nas estações outono e inverno, enquanto na primavera foi influenciado linear e positivamente pelas doses de nitrogênio ($P < 0,10$) e linear e negativamente pela densidade de plantas ($P < 0,01$). No verão, o número de perfilhos por touceira foi influenciado de forma quadrática e positiva pelas doses de nitrogênio ($P < 0,10$) e linear e negativamente pela densidade de planta ($P < 0,01$) (Tabela 4).

Na primavera, na ausência de adubação nitrogenada e com densidade de 9 plantas/m² (Tabela 4), o número de perfilhos totais foi de 30,48 e com 320 kg/ha e na mesma

densidade de plantas, de 37,43 perfilhos. Segundo Langer (1972), a alta intensidade luminosa favorece o perfilhamento em muitas espécies. Assim, a relação linear negativa do número de perfilhos totais com as densidades de planta provavelmente decorreu da maior competição nas maiores densidades, uma vez que, neste caso, a baixa luminosidade na base do dossel de capim-mombaça interfere negativamente no perfilhamento. Nabinger & Pontes (2001) sugeriram que, para manter o desenvolvimento do perfilho em condições que limitam a disponibilidade do carbono, parece lógico que a economia de assimilados comece pela redução do perfilhamento, passando por decréscimos no tamanho da folha e pela sua menor duração de vida.

O maior número de perfilhos totais foi observado na densidade de 9 plantas/m², o que sugere que pastagens estabelecidas sob baixas densidades de semeadura tendem a aumentar o número de perfilhos por touceira para ocupar os espaços vazios. A aplicação de 320 kg/ha de nitrogênio em relação à ausência de aplicação promoveu aumento médio de 107% no número de perfilhos totais no verão, o que pode ser explicado pela capacidade desse nutriente em aumentar o perfilhamento (Davies, 1971; Langer, 1979; Whitehead, 1995). O aumento no número de perfilhos sob alta disponibilidade de nitrogênio confirma a importância desse nutriente na perenidade dos pastos e no acúmulo de massa seca (Nelson & Zarrouh, 1981).

Braz et al. (2011) observaram efeito, tanto do nitrogênio quanto das densidades de planta, em experimento com capim-tanzânia na estação das águas. Na ausência de aplicação e nas doses de 80, 160 e 320 kg/ha de nitrogênio, o número de perfilhos totais foi, respectivamente, de 38, 47, 57 e 78 na densidade de 9 plantas/m². Na densidade de 25 plantas/m², na ausência de adubação e nas doses de 80, 160 e 320 kg/ha de nitrogênio, o número de perfilhos totais foi de 29, 36, 44 e 60. A redução dessa variável na densidade de 9 para 25 e 49 plantas/m² foi em média de 23 e 20%, respectivamente.

Para a taxa de aparecimento de perfilhos totais (TApPT), observou-se efeito linear positivo ($P < 0,05$) somente da adubação nitrogenada no outono ($\hat{Y} = 34,9087 + 0,034696^{*}N$; $R^2 = 0,41$) e inverno ($\hat{Y} = 9,8402 + 0,0123350^{*}N$; $R^2 = 0,33$), tendo sido as médias para primavera e verão 24,4 e 23,72, respectivamente.

Tabela 4 - Equações de regressão do número de perfilhos por touceira (NPT) em capim-mombaça em três densidades de cultivo com adubação nitrogenada

Estação	Equação ajustada	R ²
Outono	$\hat{Y} = 20,0515 - 0,177563^{**}D$	0,61
Inverno	$\hat{Y} = 29,2370 - 0,339090^{**}D$	0,66
Primavera	$\hat{Y} = 33,8567 + 0,0217262^{*}N - 0,375343^{**}D$	0,67
Verão	$\hat{Y} = 33,5677 + 0,12210^{*}N - 0,000271563^{*}N^2 - 0,36382^{**}D$	0,71

** P<0,01; * P<0,05; e ° P<0,10.

A ausência de efeito das densidades de planta na taxa de aparecimento de perfilhos totais (TA_pPT) não era prevista neste estudo, uma vez que a alta intensidade luminosa favorece o perfilhamento em muitas espécies. Quando as plantas formam dosséis espaçados, onde a competição por nutrientes ainda não é tão alta, a taxa de aparecimento de perfilhos totais configura sua importância na produção de perfilhos. Em dosséis muito densos, o perfilhamento normalmente é inferior ao potencial da taxa de aparecimento de perfilhos totais, o que caracteriza o efeito de forte competição por assimilados e luz e define o conceito de *site filling* (Skinner & Nelson, 1992). Entretanto, a forrageira estava em processo de adaptação e formação do relvado, o que pode ter interferido na dinâmica populacional de perfilhos e na idade da população de perfilhos, visto que o número de touceiras no processo de introdução do manejo do pasto ainda não estava estabilizado e havia muitos espaços vazios e tamanhos de touceiras diferentes.

No outono, a taxa de aparecimento de perfilhos totais com ausência de aplicação de nitrogênio foi de 34,90% e com 320 kg/ha o valor foi de 46,01%. No inverno, houve aumento da taxa de aparecimento de perfilhos totais na maior dose aplicada (320 kg/ha) em relação à ausência de aplicação de nitrogênio, com valores de 9,84 e 38,84%, respectivamente, sendo menores devido à redução na temperatura e na precipitação. Todavia, o efeito do nitrogênio foi maior se comparado ao do outono, sendo responsável por aumento de 294%. O nitrogênio influencia a densidade de perfilhos e, conseqüentemente, a produção de massa seca. O primeiro efeito do nitrogênio é promover o aparecimento de perfilhos. Depois, fortalecer os perfilhos existentes, ou seja, torná-los mais vigorosos (Carámbula, 1981). De acordo com Lemaire (1985), deficiências de nitrogênio determinam baixos valores de ocupação de sítios e mantêm a taxa de aparecimento de perfilhos abaixo dos seus valores potenciais, mesmo em dosséis com baixo índice de área foliar.

A taxa de mortalidade de perfilhos totais (TM_oPT) no dossel de capim-mombaça ao longo do período experimental não foi influenciada pela aplicação de nitrogênio nem pelas densidades de planta, e os valores médios foram de 15,80; 10,85; 14,49 e 18,31 no outono, inverno, primavera e verão, respectivamente

Na comparação entre estações, a maior taxa de aparecimento de perfilhos totais foi observada na primavera e a menor no inverno. A não-significância da taxa de aparecimento de perfilhos totais para ambas as variáveis avaliadas pode ser atribuída à taxa de aparecimento de perfilhos totais na pastagem em processo de adaptação e

formação do relvado, que provavelmente influenciou a dinâmica do perfilhamento do capim-mombaça.

Conclusões

A adubação nitrogenada e a densidade de plantas no estabelecimento do capim-mombaça manejado com 95% de interceptação luminosa aumentam o fluxo de biomassa. Independentemente da adubação nitrogenada e da densidade de cultivo, plantas de capim-mombaça paralisam seu desenvolvimento durante o inverno, estação seca do ano.

Referências

- BRAZ, T.G.S.; FONSECA, D.M.; FREITAS, F.P. et al. Morphogenesis of Tanzania guinea grass under nitrogen doses and plant densities. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.40, n.7, p.1420-1427, 2011.
- CARÁMBULA, M. **Producción de semillas de plantas forrageiras**. Montevideo: Editorial Agropecuária, 1981. 518p.
- DA SILVA, S.C.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; SBRISIA, A.F. et al. Dinâmica de população de plantas forrageiras em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 4., 2008, Viçosa, MG. *Anais...* Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2008. p.75-100.
- DAVIES, A. Changes in growth rate and morphology of perennial ryegrass swards at high and low nitrogen levels. *Journal Agriculture Science*, v.77, p.123-134, 1971.
- DRUMOND, L.C.D.; AGUIAR, A.P.A. **Irrigação de pastagem**. Uberaba: L.C.D. Drumond, 2005. 210p.
- 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.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA, 1999. 412p. (Produção de Informação).
- GARCEZ NETO, A.F.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; REGAZZI, O. et al. Respostas morfogênicas 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.
- GASTAL, F.; BÉLANGER, G.; HERLS, P.O. The effects of nitrogen and the growing season on photosynthesis of fieldgrown tall fescue canopies. *Annals of Botany*, v.72, p.401-408, 1992.
- GOMES, F.H.T.; POMPEU, R.C.B.F.; LOPES, M.N. et al. Acúmulo de forragem de capim-aruana com níveis crescentes de N. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2006. Jaboticabal. *Anais...* Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2007 (CD-ROM).
- GUILHERME, F.A.G. Efeitos da cobertura de dossel na densidade e estatura de gramíneas e da regeneração natural de plantas lenhosas em mata de galeria. *Cerne*, v.6, n.1, p.60-66, 2000.
- HODGSON, J. **Grazing management: science into practice**. New York: John Wiley e Sons, 1990. 203p.
- LANGER, R.H.M. **How grasses grow**. London: Edward Arnold (Studies in Biology, 34), 1972. 60p.
- LANGER, R.H.M. **How grasses grow**. 2.ed. London: Edward Arnold, 1979. 78p.
- LEMAIRE, G. **Cinétique de la croissance d'un peuplement de fétuque élevée (*Festuca arundinacea* Schreb.) pendant l'hiver et le printemps**. 1985. 96f. Effet des facteurs climatiques. Thèse de doctorat d'état - Université de Caen, France.

- LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A. W. (Eds). **The ecology and management of grazing systems**. London: CAB International, 1996. p.3-36.
- MARSCHENER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. London: Academic Press, 1995. 889p.
- MARTUSCELLO, J.A.; FONSECA, D.M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. et al. Características morfológicas e estruturais de capim-xaraés submetido à adubação nitrogenada e desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.5, p.1475-1482, 2005.
- MARTUSCELLO, J.A.; FONSECA, D.M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. et al. Características morfológicas e estruturais de capim-massai submetido à adubação nitrogenada e desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.665-671, 2006.
- NABINGER, C. Eficiência do uso de pastagens: disponibilidade e perdas de forragem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 14., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1997. p.213-251.
- NABINGER, C.; PONTES, L.S. Morfológese de plantas forrageiras e estrutura do pasto. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. p.755-771.
- NELSON, C.J.; ZARROUGH, K.M. Tiller density and tiller weight as yield determinants of vegetative swards. In: PLANT PHYSIOLOGY AND HERBAGE PRODUCTION, BIENNIAL SYMPOSIUM, 1., 1981, Nottingham. **Proceedings...** Nottingham: British Grassland Society, 1981. p.25-29.
- OLIVEIRA, A.B.; PIRES, A.J.V.; MATOS NETO, U. et al. Morfológese do capim-tanzânia submetido a adubações e intensidades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.1006-1013, 2007.
- SKINNER, R.H.; NELSON, C.J. Estimation of potential tiller production and site usage during tall fescue canopy development. **Annals of Botany**, v.70, p.493-499, 1992.
- SKINNER, R.H.; NELSON, C.J. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. **Crop Science**, v.35, n.1, p.4-10, 1995.
- WHITEHEAD, D.C. **Grassland nitrogen**. Wallingford: CAB International, 1995. 397p.
- WILMAN, D.; DROUSHITOTIS, D.; MZAMANE, M.N. et al. The effect of interval between harvests and nitrogen application on initiation, emergence and longevity of leaves, longevity of tillers and dimensions and weight of leaves and stems in Lolium. **Journal of Agriculture Science**, v.89, p.65-79, 1977.