

ARTIGO

**AUTORES:**

Jonahtan Chaves Melo¹
Perlon Maia dos Santos¹
Antônio Clementino dos Santos¹
Emerson Alexandrino¹
Joaquim José de Paula Neto¹

¹ Universidade Federal do Tocantins – UFT, BR 153, Km 112, Zona Rural, Campus Universitário de Araguaína, 77804-970, Araguaína, TO, Brasil

Recebido: 03/10/2011

Acceto: 23/01/2012

Autor correspondente:

Jonahtan Chaves Melo
 E-mail: jonahtanmelo@hotmail.com

PALAVRAS-CHAVE:

Águas residuais da agroindústria
 Alternativas de adubação
 Manejo de pastagens
 Produção sustentável

KEY-WORDS:

Wastewater from agro-industry
 Alternative fertilization
 Pasture management
 Sustainable production

Respostas morfofisiológicas do capim-mombaça submetido a doses de resíduo líquido de laticínios

Morphophysiological response of mombasa grass subjected to doses of dairy liquid residue

RESUMO: O objetivo foi avaliar a produção de forragem, o crescimento e o desenvolvimento, bem como as características estruturais, do capim-mombaça submetido a doses de resíduo líquido de laticínio (resíduos do leite, de seus derivados e produtos de limpeza de laticínios) e, a partir dessa avaliação, gerar informações sobre a possibilidade de uso desse resíduo como fertilizante. O experimento foi conduzido na Fazenda da Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal do Tocantins (UFT), Araguaína-TO, com a aplicação do resíduo a plantas cultivadas em vasos em casa de vegetação. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, sendo avaliado quatro níveis de resíduo líquido de laticínio (170, 350, 530, 710 mL/vaso) e uma condição controle, sem aplicação de resíduo, com cinco repetições. As variáveis ‘respostas relacionadas com a caracterização morfofisiológica’ foram estudadas por meio de cinco perfilhos marcados em cada unidade experimental (vaso), sendo avaliados: taxa de aparecimento, taxa de alongamento foliar, taxa de alongamento de colmos, taxa de senescência foliar e filocrono. As variáveis relacionadas com a caracterização agrônômica foram: a massa seca total e dos componentes lâmina foliar, colmo e material morto; as relacionadas com a estrutura foram: altura dos perfilhos, número de perfilhos, índice de área foliar e comprimento final das folhas. Com exceção do número de perfilhos, todas as variáveis testadas responderam quadraticamente à aplicação do resíduo líquido de laticínios. O resíduo de laticínio não promove efeitos nocivos à planta forrageira quando administrado em doses inferiores a 325,3 mL/vaso, nas quais se encontram as melhores respostas produtivas. O resíduo pode ser uma alternativa para o fornecimento de fósforo e, principalmente, de potássio. Ao promover melhoria do crescimento e, concomitantemente, da produção do capim-mombaça, vislumbra-se o potencial de uso na adubação de pastagens, na medida em que proporciona destinação correta das águas residuais oriundas do processamento e da industrialização de produtos lácteos.

ABSTRACT: The aim of this study was to evaluate forage production, growth, development and structural characteristics of mombasa grass subjected to doses of dairy liquid residue (waste milk, its byproducts and cleaning products) and thereby generate information about the possibility of using this waste as fertilizer. The experiment was carried out at the farm campus of the School of Veterinary Medicine and Zootechny – Federal University of Tocantins, in Araguaína, State of Tocantins. Dairy waste was applied in plants grown in pots in a greenhouse. The experimental design was completely randomized and four levels of dairy liquid waste (170, 350, 530, 710 mL/pot) were analyzed, as well as a control condition without the application of waste. The analysis was performed in five replications. The outcome variables related to the morphogenetic characterization were studied in five tillers, recorded in each experimental unit (pot). Appearance rate, leaf elongation rate, stem-rate elongation rate, leaf senescence rate and phyllochron were assessed. Total dry mass and leaf components, stem and dead material dry mass were the variables related to yield improvement. Height of tillers, amount of tillers, leaf area index and final length of leaves were the variables related to structure. Except the variable ‘amount of tillers’, all the other tested variables responded quadratically to the application of the residue. Dairy residue does not promote harmful effects to forage plants. It is an alternative to the supply of nutrients, especially phosphorus and potassium, and it improves the production of Mombasa grass, presenting better responses with doses smaller than 325.3 mL/pot. It shows potential use as pasturage fertilizer providing a more accurate allocation of the wastewater resulted from the processing and industrialization of dairy products.

1 Introdução

A produtividade, a sustentabilidade e a eficiência de utilização dos pastos nos sistemas de produção estão aquém do seu ótimo; mesmo assim, o pasto constitui-se na forma mais barata de se produzir carne, em virtude do grande potencial de produção das gramíneas (FLORES et al., 2008). Um dos grandes problemas contemporâneos encontrados no manejo das pastagens é a falta de ajuste na interface planta-animal, além da não reposição dos nutrientes extraídos do compartimento solo, o que tem contribuído para os baixos índices produtivos da pecuária nacional.

Outro ponto desfavorável do sistema vigente de produção a pasto é que o processo de formação e manejo das pastagens pode contribuir para a redução do teor de carbono no solo, já que se negligenciam práticas de manutenção e restituição de material orgânico no solo, conduzindo à degradação do ecossistema por meio de práticas de produção ineficientes e não holísticas, consideradas inadmissíveis (MELLO; SOUZA FRANÇA; LANNA, 2008).

Em razão do elevado custo dos adubos minerais para fertilização ou reposição de nutrientes em pastagens, estudos sobre fontes alternativas de nutrientes são de grande importância, abrindo espaço para a aplicação de uma gama de tecnologias. Nesse cenário de constantes mudanças e crescente demanda por produtos de qualidade, permite-se o uso de tecnologias, sendo uma destas a aplicação de resíduos provenientes das atividades agroindustriais, na expectativa de fornecimento de nutrientes e material orgânico ao solo.

Uma alternativa promissora é a aplicação de resíduos líquidos de laticínios (RLL) em pastagens para aumentar a disponibilidade de nutrientes nesses sistemas. Nesse viés, o resíduo oriundo dos processos de beneficiamento do leite, de derivados lácteos e de produtos de limpeza das instalações apresenta quantidades consideráveis de fósforo e potássio, cujos teores podem ser variáveis em função do processamento dos produtos lácteos; no entanto, tal resíduo pode apresentar potencial para uso. O ponto favorável dessa prática seria diminuir a contaminação gerada pela deposição contínua dos

resíduos agroindustriais em ambientes impróprios. Adicionalmente, se o resíduo garantir o mínimo de acréscimo no crescimento da planta forrageira, poderá ser considerado uma alternativa de manejo tecnologicamente desenvolvida para sistemas produtivos não muito intensificados, característicos da agricultura familiar.

No processo de produção de pasto (forragem), os fatores ambientais, como a disponibilidade de luz, a temperatura, a água e os nutrientes são importantes para a perenização e a sustentabilidade das plantas forrageiras, refletindo na produção a pasto. Nesse tetranômio, os nutrientes podem ser mais facilmente manipulados antropicamente, via adubação, sendo indispensáveis para a reposição direta dos nutrientes extraídos do solo. Dessa forma, a aplicação de compostos orgânicos no solo, como o resíduo líquido de laticínio, pode ser importante para a manutenção das características físicas, químicas e bioquímicas do solo, auxiliando a sustentabilidade do sistema produtivo. No entanto, existe carência de informações sobre as características morfoestruturais e também de crescimento durante a rebrotação do pasto, sob influência do resíduo líquido de laticínio.

Este estudo piloto foi conduzido com o objetivo de avaliar a possibilidade de uso do resíduo líquido de laticínio como fertilizante para o de capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça), observando-se a produção de forragem, o crescimento e as características morfogênicas do capim submetido às doses do resíduo e, com isso, gerar informações sobre a resistência e a adaptação da planta ao resíduo, assim como indicar uma dose a ser aplicada para estudos a campo.

2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Fazenda da Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal do Tocantins (UFT), Araguaína-TO, no período de julho de 2009 a janeiro de 2010. O estudo ocorreu nas seguintes coordenadas geográficas: 07° 06' 15,0" S e 48° 11' 15,5" O, com altitude de 236 m. O clima, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Aw, tropical chuvoso, com verão úmido e pouca variação de temperaturas máximas e mínimas. As temperaturas dentro da casa de

vegetação durante todo período experimental foram mensuradas e estão apresentadas na Tabela 1.

O delineamento experimental empregado foi inteiramente casualizado (DIC), haja vista a homogeneidade ambiental e as causas de variações, que constituíram os tratamentos experimentais, serem quatro níveis de aplicação de resíduo líquido de laticínio (RLL), a saber, as doses de: 170, 350, 530 e 710 mL/vaso, e um grupo controle (nível zero de aplicação do RLL), contendo, todos os tratamentos, cinco repetições para cada dose, totalizando 25 unidades experimentais.

Realizou-se adubação em todos os vasos segundo as recomendações do manual de fertilizantes de Minas Gerais (5ª aproximação). Utilizou-se N-P-K nas proporções de 100, 80 e 90 ppm, respectivamente, sendo que o nitrogênio foi aplicado em duas vezes, 50 ppm em fundação e 50 ppm cobertura. A adubação com P e K ocorreu na forma de superfosfato simples e cloreto de potássio, enquanto que o N foi na forma de ureia. Os micronutrientes empregados obedeceram às doses recomendadas por Ribeiro, Guimarães e Alvarez, (1999), administrados em fundação, com base nos requerimentos de macro e micronutrientes N, Ca, Mg, S e Boro, Cloro, Ferro, Cobre, Manganês, Molibdênio, Zinco e Cobalto, respectivamente.

O resíduo foi aplicado em plantas de capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq. cv Mombaça) que fora cultivado em vasos em casa de vegetação. As doses do resíduo foram calculadas com base na sua constituição química, para atender às exigências do capim-mombaça, permitindo sub e superdosagem de P e K, de modo a não promover entorpecimento do solo, em função do baixo teor de MS do resíduo

líquido de laticínios. O plantio do capim foi realizado diretamente nos vasos contendo areia grossa lavada (inerte) e, após dez dias de germinação, foi realizado desbaste, deixando cinco plantas por vaso.

Amostras compostas do resíduo foram obtidas antes das aplicações nos vasos para realização das análises químicas. As análises foram feitas em triplicata para melhorar a acurácia nas estimativas dos teores de nutrientes do RLL (Tabela 2).

As doses mencionadas do RLL foram administradas em um total de duas aplicações, distribuídas em dois ciclos produtivos de 28 dias de intervalo entre cortes. A primeira dose foi aplicada após o corte de estabilização, que ocorreu 40 dias após a emergência das plantas. Os cortes foram realizados à altura de 20 cm da superfície do vaso. O plantio nos vasos ocorreu em 20/jul./2009; o primeiro ciclo da avaliação ocorreu de 01/set./2009 a 30/set./2009; o segundo ciclo ocorreu de 01/out./2009 a 30/out./2009. Na ocasião da aplicação do resíduo, foi administrada água destilada em recipientes contendo 170, 350 e 530 mL de resíduo líquido de laticínios em quantidade suficiente para igualar o volume ao do maior nível de aplicação de RLL (710 mL/vaso). Tal procedimento visou à anulação do efeito de confundimento dos diferentes volumes de água nos diferentes tratamentos.

Para a estimativa do total de N fornecido via resíduo líquido de laticínios (Tabela 3), não foram considerados os teores de nitrito (NO_2^-), visto que o elemento é encontrado em sua forma reduzida do N e não apresenta passagem através da plasmalema das células epidérmicas do córtex da raiz das plantas, processo que ocorre naturalmente por meio de

Tabela 1. Temperaturas de bulbo seco, úmido e umidade relativa do microambiente da casa de vegetação durante o período experimental.

Meses	TBS	TBU	UR
Julho 2009	39,9	34,8	71,0
Agosto 2009	39,4	34,9	71,0
Setembro 2009	40,3	34,4	66,0
Outubro 2010	37,5	33,7	76,0
Novembro 2008	37,1	32,8	70,0
Dezembro 2008	37,2	34,6	81,0
Janeiro 2009	36,6	33,6	82,0
Média	38,4	34,1	73,9

Temperatura de bulbo seco (TBS); Temperatura de bulbo úmido (TBU); Umidade relativa (UR).

Tabela 2. Caracterização do resíduo líquido de laticínio utilizado no experimento.

Parâmetros	1ª amostra	2ª amostra	Técnica	
DBO (mg O ₂ L ⁻¹)	25343,54	35765,19	Titilometria	
Nitrogênio (mg L ⁻¹)	Amoniacal	67,8	81,7	Espectrofotometria
	Nitrato	7,0	8,0	Espectrofotometria
	Nitrito	0,048	0,039	Espectrofotometria
Ortofosfato (mg L ⁻¹)	178,8	183	Espectrofotometria	
Sódio (mg L ⁻¹)	112,94	107,88	Fotometria de chama	
Potássio (mg L ⁻¹)	735,29	715,97	Fotometria de chama	
Sólidos totais (mg L ⁻¹)	16244,4	14406,0	Gravimetria	
pH	3,24	4,1	pHmetro	

DBO = demanda bioquímica de oxigênio; pH = log. [H⁺].

transportadores específicos para o nitrato (NO_3^-) e o amônio (NH_4^+) (LARSSON; INGEMARSSON, 1989). Os valores de NO_3^- foram considerados baixos para causar problemas de contaminação. As variações entre as amostras foram consideradas baixas e ocorreram como em vários resíduos, em razão das variações dos produtos beneficiados; contudo, tais diferenças podem ser mais acentuadas entre laticínios distintos, com produções diferenciadas.

As plantas foram cultivadas em vasos com volume conhecido (9.000 mL) e 12,5 kg de massa de solo (areia). A irrigação dos vasos foi feita com base na quantidade de água perdida para o ambiente, referente aos processos de evapotranspiração. O cálculo da perda de água foi realizado por diferenças nos pesos dos vasos, que foram pesados diariamente. A redução do peso do vaso ao final de 24 h era corrigida com aplicação de água até atingir o peso inicial.

Para a determinação do total de água em cada vaso, considerou-se o volume total de poros (VTP) do solo para estimativa da capacidade de campo do solo, levando-se em conta a contribuição da parte líquida do RLL, nos dias em que foi administrado. Um percentual de 60% da capacidade de campo (CCP) foi adotado, perfazendo o respectivo regime hídrico trabalhado nos vasos (MELO et al., 2009). Os parâmetros morfológicos foram avaliados com as plantas mantidas sob regime de luz e temperatura naturais.

Para a avaliação morfológica e das variáveis relacionadas com a estrutura das plantas nos vasos, utilizou-se a técnica de perfilhos marcados (DAVIES, 1993), pelos quais se acompanhou a dinâmica de aparecimento, alongamento de lâminas foliares e colmo, e senescência foliar. Para tanto, cinco perfilhos por vaso foram identificados, 5 dias após o corte mecânico, e os seus componentes

morfológicos foram avaliados até o final de cada ciclo produtivo (28 dias). Com base nessas informações, determinaram-se: taxa de aparecimento foliar (TApF); taxa de alongamento foliar (TAIF) e de colmo (TAIC); taxa de senescência foliar (TSF); filocromo; número de folhas totais (NFT) e vivas por perfilho (NFV); comprimento final de lâminas foliares (CFiLF); relação (folha/colmo), e massa média do perfilho.

Para a avaliação das características agronômicas, as plantas foram cortadas a 20 cm da superfície do vaso, sendo o material colhido levado ao laboratório para separação dos componentes morfológicos (lâmina foliar, colmo e bainha, e material morto). As distintas frações foram identificadas, pesadas e acondicionadas em sacos de papel para serem levadas à estufa com circulação forçada de ar, a 55 °C por 72 h. Em seguida, as amostras foram colocadas no dessecador para estabilizar a umidade e a temperatura. Posteriormente, as amostras foram pesadas em balança de precisão (0,01 g) e então foi mensurada a massa seca de lâmina foliar, de colmos e de material morto, sendo a soma dos componentes morfológicos a massa seca total (MST).

As respostas morfológicas e agronômicas dentro de cada ciclo foram utilizadas para se produzir uma média dos ciclos. As médias das diferentes características respostas foram submetidas à Anova e ao teste de regressão ($Y = \beta_0 + \beta^x m^3 \text{RLL} + \text{Erro}$), para verificar a significância do efeito das doses de RLL sobre as características avaliadas. A escolha da equação de regressão foi realizada com base no coeficiente de determinação e na significância da regressão e de seus coeficientes, testados no nível de 5% de probabilidade, além da significância biológica da resposta. Todas as análises foram realizadas com auxílio do programa ESTAT (UNESP,

Tabela 3. Total de nutrientes fornecidos de acordo com o suprimento de RLL para cada aplicação em capim-mombaça.

Ciclos	1º ciclo					2º ciclo				
	Tratamentos (mL/vaso)	N*	P	K	Na	Na	N	P	K	Na
170	12,7	30,4	125	19,2	15,2	31,1	121,7	18,4		
350	26,2	62,6	257,4	39,5	31,4	64,1	250,6	37,7		
530	39,6	94,8	389,7	59,8	47,5	97,0	379,5	57,2		
710	53,1	127	522,1	80,2	63,7	130	508,3	76,6		

*N = nitrogênio; P = fósforo; K = potássio; Na = sódio.

1994) - Sistema para Análises Estatísticas versão 2.0 - UNESP - Campus de Jaboticabal-SP.

3 Resultados e Discussão

As análises de variância detectaram efeitos significativos ($p < 0,05$) das doses do RLL sob as variáveis morfológicas (Figura 1) e agronômicas (Figuras 2 e 3) do capim-mombaça nos ciclos produtivos avaliados conjuntamente. O uso do resíduo líquido de laticínios (RLL) como fonte de nutrientes não promoveu respostas deletérias no desenvolvimento das plantas, já que houve crescimento e perfilhamento.

A taxa de senescência foliar e a taxa de acúmulo de material morto não foram responsivas à aplicação do RLL ($p > 0,05$) (dados não representados graficamente). Esse fato está relacionado imprerivelmente ao curto período de intervalos entre cortes (28 dias), de modo a não permitir perdas de forragem, bem como ao pouco tempo de duração das avaliações (2 ciclos = 56 dias), que foi mais curto que a duração média de vida das folhas.

Contraditoriamente, Silva e Nascimento Júnior (2007) enfatizam que em pastos tropicais ocorre aumento abrupto do acúmulo de material morto e colmos, contribuindo expressivamente no total de massa de forragem e causando, assim, sérias dificuldades de controle dos pastos e de produção de forragem de baixo valor nutritivo.

Recentemente, as plantas forrageiras têm sido avaliadas em caráter mais criterioso, em que se podem explorar melhor os resultados e detectar, por meio destes, respostas mais detalhadas dessas plantas. Tais resultados são obtidos com o estudo das características morfológicas e estruturais (MARTUSCELLO et al., 2006; DIFANTE et al., 2009). Esse estudo conjunto revelou que o capim-mombaça respondeu quadraticamente, com ponto de máxima, para todas as variáveis morfológicas mensuradas (Figuras 1a, b, c, d, e, e f), à aplicação do RLL. O ponto de máxima médio (melhor resposta fisiológica), levando-se em consideração todas as variáveis, foi na dose de 325,3 mL/vaso. Os pontos de máxima na curva sigmoide antecessora às doses depressoras da produção foram da ordem de 318,84 mL/vaso = 8,30 mm d⁻¹; 319,35 mL/vaso = 0,31 mm d⁻¹; 102,50 mL/vaso = 2,74 dias;

370,72 mL/vaso = 2,44; 285,71 mL/vaso = 0,19 g d⁻¹, e 463,1 mL/vaso = 0,16 g d⁻¹, respectivamente, para taxa de alongamento foliar (TAIF), aparecimento de folhas (TApF), filocrono, número de folhas vivas, taxa de acúmulo de lâmina foliar (TAcLF) e taxa de acúmulo de colmos (TAcC).

O comprimento final das folhas (CFiF) (Figura 2c) foi a característica estrutural que mais influenciou o índice de área foliar IAF (Figura 2d). As variáveis morfológicas, segundo Lemaire e Agnusdei (2000), interagem entre si e compõem as características estruturais do dossel, as quais influenciam diretamente o índice de área foliar (IAF) das plantas. Por sua vez, alterações no índice de área foliar são promovidas por variações na temperatura, na qualidade da luz ou na disponibilidade de nutrientes, e tais alterações são decorrentes de modificações no tamanho das folhas, no número de folhas vivas por perfilho e na densidade populacional de perfilhos. Assim, infere-se que os nutrientes oriundos do RLL, que promoveram aumento da TApF e de acúmulo de lâmina foliar (TAcLF) (até a dose de 325,3 mL/vaso) (Figura 1a, e), incrementaram o IAF; este, por sua vez, promove sombreamento da touceira, estimulando o estiolamento dos colmos (Figura 1f), que causou o aumento do comprimento final das folhas (Figura 1c), visto que essa variável é extremamente dependente do comprimento de bainha. Teixeira, Gomide e Oliveira (2005) também reportam que, sob melhor nutrição, a planta aumenta a exportação de fotossintatos das folhas adultas para o meristema terminal em capim-mombaça e eleva a TApF; por conseguinte, eleva-se também o IAF.

Quanto à diminuição da TAIF e da TApF, também observa respostas quadráticas para essas características em razão da adubação e atribuiu o fato à alteração do padrão de aparecimento das lâminas, em função da modificação do tempo gasto pela folha desde sua iniciação no meristema até o seu aparecimento. Garcez Neto, Nascimento Junior e Regazzi (2002) constataram que o maior comprimento da bainha conduz a planta a uma menor TApF. Contudo, neste estudo, haja vista a redução do incremento de colmo e, por conseguinte, da bainha foliar, na maior dose (Figura 1f), é mais provável que as alterações no tempo gasto pela folha para sua emergência estejam relacionadas às doses do

resíduo. Nesse sentido, é possível que tais respostas possam estar relacionadas ao desbalanceamento químico do RLL. Oliveira et al. (2008), aplicando resíduo de curtume no capim-elefante, observaram resposta quadrática ao aumento das doses e atribuíram o fato ao desbalanço nutricional ou aos efeitos tóxicos do resíduo.

Os nutrientes fornecidos pelo RLL também favoreceram o aparecimento de novas folhas (TAPF) e, com isso, diminuíram o intervalo de aparecimento entre duas folhas (filocrono). Apesar disso, observou-se que os efeitos que modificaram positivamente as respostas morfológicas (nutrientes) (Figura 1) foram suprimidos na maior dose testada. Santos (2011)

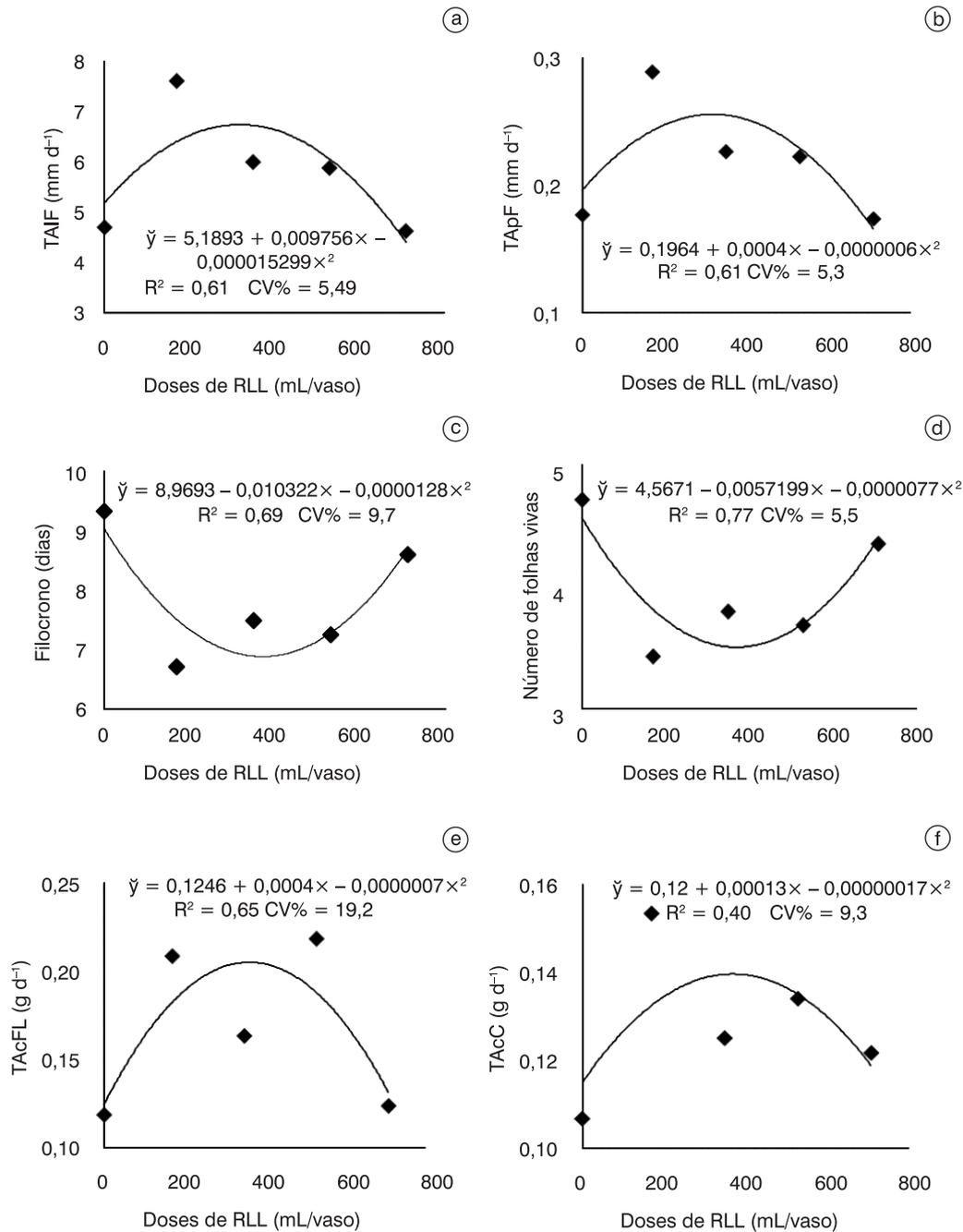


Figura 1. Respostas morfológicas de dois ciclos de avaliação de plantas de capim-mombaça submetidos a doses de resíduo líquido de laticínios (RLL), (média de dois ciclos produtivos). Taxa de alongamento de folhas (a); taxa de aparecimento de folhas (b); filocrono, dias para o aparecimento de uma folha (c); número de folhas vivas por perfilho (d); taxa de acúmulo de lâmina foliar (e); taxa de acúmulo de colmos (f).

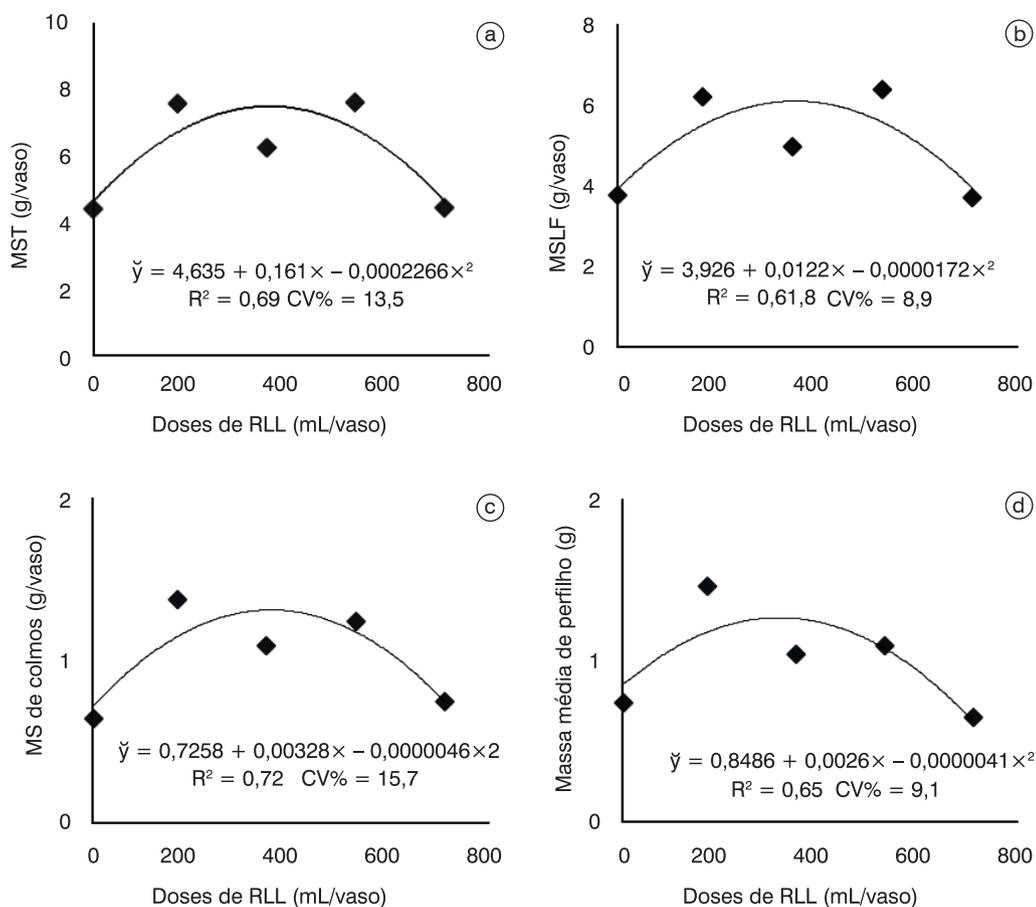


Figura 2. Caracterização agrônômica das plantas de capim-mombaça submetidos a doses de resíduo líquido de laticínios (RLL), média de dois ciclos produtivos. Massa seca total (a); massa seca de lamina foliar (b); massa seca de colmos (c); massa média de perfilho (d).

também observaram que a aplicação de RLL em pastagem de capim-mombaça promoveu resposta quadrática do filocrono, com melhor desempenho na dose de $280 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, indicando que modificações no filocrono estão relacionadas a alterações na taxa de acúmulo de colmos (TAcC), o que condiz com este estudo. No presente trabalho, a resposta obtida ainda pode ter sido determinada por efeitos depressores. Apesar de estes não terem sido mensurados, tais modificações, em parte, são relacionadas ao elevado teor de gordura presente na matéria orgânica (MO) do RLL, que influencia negativamente os processos absorptivos de nutrientes e trocas gasosas. Tal influência negativa ocorre em virtude da selagem, em algumas áreas, da superfície dos vasos, haja vista a grande quantidade de resíduo aplicada na pequena área de superfície do vaso.

Nesse cenário, vale ressaltar que o aparecimento e a expansão de lâminas foliares, colmos e raízes são processos coordenados pelas atividades meristemáticas da planta (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996), as quais são controladas de formas distintas pela disponibilidade de água, temperatura, luz, nutrientes e oxigênio, sendo que esses dois últimos podem ter sido afetados negativamente por efeitos ou interações com a gordura na maior dose, explicando em parte o efeito quadrático para as variáveis analisadas.

A aplicação RLL também aumentou a taxa de acúmulo de colmos TAcC (Figura 1), sendo essa resposta atribuída ao aumento do IAF em função do incremento da TAIF. O aumento do sombreamento na base da touceira reduz a relação vermelho:vermelho intenso no espectro de luz que chega nessa zona, por causa da interceptação das ondas azul e

vermelho, identificada pelo sistema fitocrono que desencadeia o processo de alongamento das hastes (ALEXANDRINO; GOMIDE; GOMIDE, 2005; ALEXANDRINO et al., 2004). Embora o alongamento de hastes favoreça o aumento da produtividade de massa seca, ele influencia negativamente a eficiência de pastejo e o valor nutritivo da forragem (DIFANTE; EUCLIDES; NASCIMENTO JÚNIOR, 2010).

A TAcC também pode beneficiar a TAcLF, o que foi verificado neste estudo (Figura 1). A TAcC afeta positivamente o tempo de vida das folhas, pois promove distanciamento entre as folhas do perfilho, permitindo que maior quantidade de luz de qualidade chegue às folhas baixas, mantendo sua atividade fotossintética e retardando a inversão fonte/dreno dessas folhas por causa da diminuição no coeficiente de extinção que melhora a utilização da luz (ALEXANDRINO; GOMIDE; GOMIDE, 2005).

As variáveis agrônomicas do capim-mombaça responderam de forma quadrática ao aumento das doses do RLL (Figuras 2 e 3). O ponto de máxima média (melhor resposta produtiva), levando-se em consideração todas as variáveis agrônomicas, foi na dose de 325,3 mL/vaso. Os pontos de máxima na curva sigmoide antecessora às doses depressoras da produção foram da ordem de: 356,1 mL/vaso = 9,5 g; 364,65 mL/vaso = 8,25 g; 358,86 mL/vaso = 1,9 g, e 316,06 mL/vaso = 1,6 g, respectivamente, para massa seca total (MST), massa seca de lâmina foliar (MSLF), massa seca de colmos (MSC) e massa média de perfilho (MMP) (Figura 2). A redução da produção nas maiores doses é atribuída à diminuição das taxas morfogênicas, conforme já mencionado.

Santos (2011), utilizando o RLL em pasto de capim-mombaça, também verificou aumento da produção de MST em razão do incremento da MSLF e da MS de colmos. Em seu estudo, foram observadas respostas lineares da produção com o aumento do resíduo, o que difere deste ensaio; essa diferença de resposta pode ter ocorrido em função das limitações espaciais e biológicas dos vasos, aplicando resíduos orgânicos de laticínio no capim-marandu, também obtiveram aumento da MST e atribuíram o fato à absorção dos nutrientes do resíduo pelas plantas. Gheri, Ferreira e Da Cruz (2003) também observaram que o soro de laticínio fornece N, P e, principalmente, K, e torna a interação

solo-planta sensível a variações nas concentrações desses elementos de modo a beneficiar o crescimento das plantas.

Com exceção do número de perfilhos, as variáveis relacionadas com a estrutura das plantas do capim-mombaça submetidas a doses do RLL apresentaram respostas quadráticas, com melhores resultados para as doses que antecedem as maiores doses do RLL (Figura 3). Tal fato está relacionado ao crescimento das plantas ser condicionado pela obtenção de energia proveniente da radiação solar interceptada pela área foliar do dossel e utilizada nos processos fotossintéticos. Logo, nas maiores doses, nas quais houve menores TApF e TAcLF (Figura 1), e menor IAF (Figura 3), também ocorreu menor produtividade e crescimento das plantas (Figura 2).

As menores TAcLF e TApF, nas maiores doses, promoveram uma redução do IAF. Resposta similar à deste estudo para IAF (ajuste quadrático), em função do aumento de RLL, foi constatada por Santos (2011), que afirmou haver saturação de elementos no solo ao final de duas aplicações desse resíduo. Gheri, Ferreira e Da Cruz (2003) também observaram que uma segunda aplicação de 300 kg ha⁻¹ de K via soro de leite diminuiu a produção do capim-tanzânia e atribuíram o fato ao desequilíbrio nutricional e à deficiência de Mg do soro, já que observaram concentrações desse elemento no solo de 2 mmol_c dm⁻³. Assim, as menores produções de MST, MSLF, IAF e altura de afilhos nas maiores doses também podem estar relacionadas ao desbalanceamento químico do RLL. Oliveira et al. (2008), aplicando resíduo de curtume no capim-elefante, observaram resposta quadrática ao aumento das doses e atribuíram o fato ao desbalanço nutricional ou aos efeitos tóxicos do resíduo.

Contraditoriamente à redução da produção de biomassa nas maiores doses do RLL, as plantas deste tratamento tiveram maior perfilhamento (Figura 3b). Esse fato pode ter ocorrido como resposta adaptativa à condição estressora, da qual a planta forrageira lança mão em sua estratégia compensativa, em virtude da evolução, com vistas à perenidade da espécie. O perfilhamento, dessa forma, foi a resposta mais proeminente à aplicação do RLL com ajuste linear ($p < 0,05$) conforme o aumento

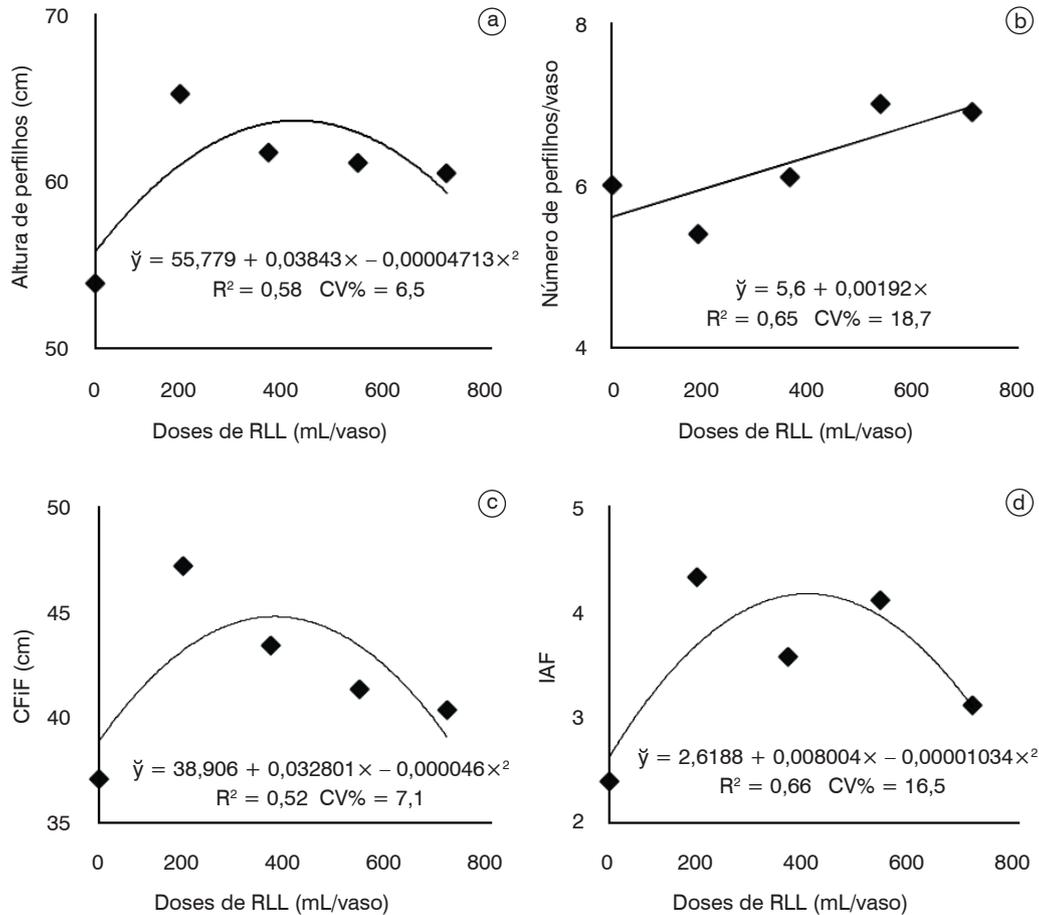


Figura 3. Caracterização da estrutura das plantas de capim-mombaça submetidas a doses de resíduo líquido de laticínios (RLL). Médias de dois ciclos produtivos. Altura de afillhos (a); número de perfilhos (b); comprimento final de folhas (c); índice de área foliar (d).

das doses. Os resultados parecem contrariar as respostas biológicas encontradas por outros autores (MELO et al., 2009), que mostraram que o aumento na densidade de perfilhos correlaciona-se positivamente com a máxima produtividade. Neste estudo, observou-se maior número de perfilhos com menor massa nas maiores doses, o que não refletiu em aumento da produção. Contrariamente ao estudo em casa de vegetação, Santos (2011) observou incremento do perfilhamento em função de doses de RLL em pasto de capim-mombaça, atribuindo os melhores resultados à melhor condição nutricional das plantas.

Segundo Melo et al. (2009), a severidade do estresse na planta forrageira em algumas condições de manejo proporciona ação de mecanismos morfofisiológicos que contribuem para

a adaptabilidade, tornando a planta mais eficiente no uso dos fatores de crescimento; entretanto, esses mecanismos de sobrevivência promovem decréscimo da produtividade, como observado neste caso, evidenciado pela redução na MST, na MSLF e na MSC nas maiores doses de aplicação de RLL.

A observação da massa média de perfilhos (Figura 2d) serve para entender os resultados, aparentemente contraditórios, encontrados para o número de perfilhos e a produção (Figura 3b) nas maiores doses, permitindo inferir que novos perfilhos surgiram para garantir a perenidade da planta forrageira. Contudo, os novos perfilhos surgidos apresentaram massa inferior aos perfilhos presentes nas plantas sob as menores doses do RLL, sendo que esses não contribuíram para o incremento da produção de massa seca de forragem/vaso.

Mesquita et al. (2004) reportam a paralisação do incremento de massa por perfilho, contrabalanceado pelo aumento do NP de massa pequena, já que novos perfilhos investem preferencialmente em raiz (ALEXANDRINO; GOMIDE; GOMIDE, 2005). Ainda, em razão da altura desses perfilhos, o corte empregado a 20 cm não contabilizou sua massa. Assim, é conveniente salientar que, em condição de campo, muito dificilmente esse efeito seria tão pronunciado, visto que a massa dos novos perfilhos surgidos não estaria limitada às dimensões dos vasos nos quais as plantas foram acondicionadas, além de, possivelmente, o ambiente ser menos afetado pelo resíduo no que diz respeito à presença da gordura.

Neste estudo, a altura dos perfilhos (Figura 3a) foi determinante do comprimento final das folhas (Figura 3c), e a TAcC (Figura 1) que foram afetados pelas doses do RLL. Novamente, as melhores respostas foram proporcionadas por volumes ligeiramente inferiores a 400 mL/vaso. As causas, também são atribuídas aos efeitos depressores conferidos à gordura, que pode ter influenciado negativamente os processos de trocas gasosas. De modo geral, pode-se observar que houve aumento e diminuição da MST, e alturas, conforme as variações no CFiF, estando tal resultado de acordo com Gomide, Gomide e Alexandrino (2003), que afirmam que o maior comprimento de LF se traduz em elevação da produção de MST. A altura das plantas esteve abaixo do preconizado para se iniciar o corte ou o pastejo dessa gramínea, que é aproximadamente de 80 cm de altura (FULKERSON; SLACK; HAVILAH, 1999)

As folhas são o principal constituinte da área foliar fotossinteticamente ativa e eficiente, e de interesse econômico; são produzidas de acordo com uma programação genética, que é representada em parte pela morfogênese. No entanto, o crescimento sofre influência direta de fatores ambientais (PEDREIRA; PEDREIRA; DA SILVA, 2007) e, neste ensaio, observou-se que o RLL tem potencial para alterar o crescimento e o desenvolvimento da planta no espaço/tempo, em que o efeito pode ser benéfico ou depressor, dependendo da dose aplicada. O incremento do dossel forrageiro possivelmente ocorreu pela melhor nutrição das plantas, principalmente em relação ao K, que atua como regulador osmótico, mantém a pressão

de turgescência e controla a relação fonte/dreno de assimilados, promovendo maiores taxas de crescimento dos diferentes órgãos (ALEXANDRINO; GOMIDE; GOMIDE, 2005).

4 Conclusões

O capim-mombaça é resistente à aplicação do resíduo líquido de laticínio, respondendo biologicamente aos nutrientes presentes nesse composto, sendo a melhor resposta obtida na dose de 325,3 mL/vaso.

O RLL pode ser uma alternativa para o fornecimento de nutrientes às plantas forrageiras, na medida em que promove melhoria da produção, do crescimento e do desenvolvimento do capim-mombaça, e apresenta potencial para substituição parcial da adubação fosfatada e substituição total da adubação potássica, em pastagens manejadas intensivamente.

A gordura presente nesse resíduo pode trazer limitações ao seu uso e, dessa forma, mais estudos, preferencialmente com maior duração das avaliações, devem ser conduzidos.

Referências

- ALEXANDRINO, E.; GOMIDE, J. A.; GOMIDE, C. A. M. Crescimento e desenvolvimento do dossel de *Panicum maximum* cv. Mombaça. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 34, n. 6 p. 2164-2173, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982005000700002>
- 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, n. 6, p. 1372-1379, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982004000600003>
- DAVIES, A. Tissue turnover in the sward. In: DAVIES, A.; BAKER, R. D.; GRANT, S. A. (Eds.). *Sward measurement handbook*. London: British Grassland Society, 1993. p. 183-216.
- DIFANTE, G. S.; EUCLIDES, V. P. B.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; DA SILVA, S. C.; TORRES JUNIOR, R. A. A.; SARMENTO, D. O. L. Ingestive behaviour, herbage intake and grazing efficiency of beef cattle steers on Tanzania guineagrass subjected to rotational stocking managements. *Revista Brasileira*

- de *Zootecnia*, v. 38, n. 6, p. 1001-1008, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982010000100005>
- DIFANTE, G. S.; EUCLIDES, V. P. B.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. Desempenho e conversão alimentar de novilhos de corte em capim-tanzânia submetido a duas intensidades de pastejo sob lotação rotativa. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39, n. 1, p. 33-41, 2010.
- FLORES, R. S.; EUCLIDES, V. P. B.; ABRÃO, M. P. C.; GALBEIRO, S.; DIFANTE, G. S.; BARBOSA, R. A. Desempenho animal, produção de forragem e características estruturais dos capins marandu e xaraés submetidos a intensidades de pastejo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 37, n. 8, p. 1355-1365, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982008000800004>
- FULKERSON, W. J.; SLACK, K.; HAVILAH, E. The effect of defoliation interval and height on growth and herbage quality of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*). *Tropical Grassland*, v. 33, p. 138-145, 1999.
- GARCEZ NETO, A. F.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; REGAZZI, A. J. 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, n. 5, p. 1890-1900, 2002. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982002000800004>
- GHERI, E. O.; FERREIRA, M. E.; DA CRUZ, M. C. P. Resposta do capim-tanzânia à aplicação de soro ácido de leite. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 38, n. 6, p. 753-760, 2003. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2003000600012>
- GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A.; ALEXANDRINO, E. Índices morfogênicos e de crescimento durante o estabelecimento e a rebrotação do capim-Mombaça (*Panicum maximum* Jacq.). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 32, n. 4, p. 795-803, 2003. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982003000400003>
- LARSSON, C. M.; INGEMARSSON, B. Molecular aspects of nitrate uptake in higher plants. In: WRAY, J. L.; KINGHORN, J. R. *Molecular and genetics aspects of nitrate assimilation*. Oxford : Oxford Science, 1989. chap.1, p. 3-14.
- LEMAIRE, G.; AGNUSDEI, M. Leaf tissue turnover and efficiency of herbage utilization. In: LEMAIRES, G.; HODGSON, J.; MORAES, A.; NABINGER, C.; CARVALHO, P. C. F. (Eds.). *Grassland ecophysiology and grazing ecology*. CAB International, 2000. p. 265-288. <http://dx.doi.org/10.1079/9780851994529.0265>
- LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A. W. (Eds.). *The ecology and management of grazing systems*. Cab international, 1996. p. 03-36.
- MARTUSCELLO, J. A.; FONSECA, D. M.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; SANTOS, P. M.; DA CUNHA, D. N. F. V.; MOREIRA, L. M. Características morfogênicas e estruturais de capim-massai submetido a adubação nitrogenada e desfolhação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 35, n. 3, p. 665-671, 2006.
- MELLO, S. Q. S.; SOUZA FRANÇA, A. F.; LANNA, A. C. Adubação Nitrogenada em capim-mombaça: Produção, Eficiência de Conversão e Recuperação Aparente do Nitrogênio. *Revista Ciência Animal Brasileira*, v. 9, n. 4, p. 935-947, 2008.
- MELO, J. C.; SANTOS, A. C.; ALMEIDA, J. A.; MORAIS NETO, L. R. Desenvolvimento e produtividade dos capins mombaça e marandu cultivados em dois solos típicos do Tocantins, com diferentes regimes hídricos. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v. 10, n. 4, p. 786-800, 2009.
- MESQUITA, E. E.; CARDOSO PINTO, J.; FURTINI NETO, A. E.; SANTOS, I. P. A.; TAVARES, V. B. Teores críticos de fósforo em três solos para o estabelecimento de capim Mombaça, capim marandú e capim andropogon em vasos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 33, n. 2, p. 290-301, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982004000200004>
- OLIVEIRA, D. Q. L.; CARVALHO, K. T. G.; BASTOS, A. R. R.; OLIVEIRA, L. C. A.; MARQUES, J. J. G. S. M.; NASCIMENTO, R. S. M. P. Utilização de resíduos da indústria de couro como fonte nitrogenada para o capim-elefante. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, n. 1, p. 417-424, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000100039>
- PEDREIRA, B. C. ; PEDREIRA, C. G. S ; DA SILVA, S. C. Estrutura do dossel e acúmulo de forragem de capim-xaraés em resposta a estratégias de pastejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 42, n. 2, p. 281-287, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2007000200018>
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, C. R.; ALVAREZ, V. H. V. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais*. 5. aprox. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais - CFSEMG, 1999. 356 p.

SANTOS, P. M. *Uso de resíduo líquido da agroindústria de laticínio em pastagem de capim Mombaça*: atributos agronômicos-morfogênicos da forragem e alterações químicas do solo. 140 f. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal Tropical)-Universidade Federal do Tocantins, Araguaína, 2011.

SILVA, S. C.; NASCIMENTO JUNIOR, D. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 36, p. 121-138, 2007. Suplemento Especial.

TEIXEIRA, A. C. B.; GOMIDE, J. A.; OLIVEIRA, J. A. Distribuição de fotoassimilados de folhas do topo e da base do capim Mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) em dois estágios de desenvolvimento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 34, n. 2, p. 479-488, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982005000200015>

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP. Sistema para Análises Estatísticas - ESTAT. versão 2.0. Jaboticabal: Departamento de Ciências Exatas, FCAV-UNESP, 1994.