

Respostas do capim-elefante sob doses de adubação azotada de cobertura para fins energéticos

Elephant grass responses under doses of nitrogen fertilization coverage for energy purposes

Marcia Maria P. Santos¹, Rogério F. Daher², Niraldo José Ponciano², Geraldo A. Gravina², Antonio V. Pereira³ e Carlos L. Santos¹

¹ Instituto Federal do Espírito Santo-Campus de Alegre (IFES), Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (CCTA, UENF). Rua Natalina Daher Carneiro, 874. Apto 304. Jardim da Penha- Vitória (ES), Brasil. CEP: 29060490.

E-mail: marciapaessantos@yahoo.com.br, author for correspondence; carloslacysantos@yahoo.com.br.

² Centro de Ciência e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (CCTA, UENF). Av. Alberto Lamego, 2000. Parque Califórnia. Campos dos Goytacazes (RJ), Brasil. CEP: 28013-602.

E-mails: rogdaher@uenf.br.; ponciano@uenf.br.; gravina@uenf.br

³ Embrapa Gado de Leite, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Juiz de Fora (MG), Brasil.

Email: vander.pereira@embrapa.br.

Recebido/Received: 2013.12.10

Aceitação/Accepted: 2013.12.22

RESUMO

Na busca da diminuição do efeito-estufa é necessário utilizar energia renovável através da biomassa do capim-elefante. Objetivou-se avaliar as características morfoagronômicas de cultivares numa experiência não irrigada em área cultivável num delineamento de blocos casualizados num esquema de parcelas subdivididas com 12 repetições. As cultivares 'Guaçu/IZ.2', 'Cameroon-Piracicaba' e 'Cana D'África', constituíram as parcelas, e nas subparcelas as doses de 500 e 1000 kg ha⁻¹ de N, estas fracionadas em cinco aplicações durante o cultivo no período chuvoso. Retiraram-se amostras da área útil de 2,25 m² nas subparcelas, em três cortes, medidas, pesadas e secas. Submeteram-se os dados à análise de variância conjunta pelo teste F. Utilizou-se teste de Tukey a 5% de probabilidade. Conclui-se que as cultivares, em geral, não diferiram entre si na produção de matéria seca, mesmo sob condições ambientais contrastantes, porém houve decréscimo na matéria seca e na altura, em virtude dos stresses hídricos ocorridos no terceiro corte. Entretanto, Cameroon-Piracicaba apresentou um menor perfilhamento, maior diâmetro do colmo e maior largura da lâmina em relação às demais. A cv. 'Guaçu/IZ.2' manifestou tendência a apresentar valores próximos à 'Cameroon-Piracicaba'; e a cv. 'Cana D'África' apresentou esta tendência apenas em relação à largura da lâmina nas doses elevadas de adubação azotada.

Palavras-chave: análise de variância conjunta, biomassa, características morfoagronômicas e produção de matéria seca

ABSTRACT

In order to reduce the greenhouse effect, we propose the use of renewable energy from the biomass of elephant grass. This study aimed to evaluate the agronomic characteristics of cultivars in non-irrigated cropland experience in a randomized complete block designed in a split plot design with 12 repetitions. 'Guaçu/IZ.2', 'Cameroon-Piracicaba' and 'Cana D'África' cultivars were integrated into the plots and the doses of 500 and 1000 kg ha⁻¹ of N were added into the subplots in fractions with five applications during cultivation in the rainy season. Samples were taken from the useful area of 2.25 m² in the subplots, in three cuts, measured, weighed and dried. Data were subjected to analysis of variance by F-test, and then comparisons were made using the average of the Tukey test at 5% of probability. It was concluded that cultivars, in general, did not differ in terms of dry matter, even under contrasting ambient conditions. However it was detected a decrease in the latter parameter and in height, due to water stress that occurred during the third cut. However, 'Cameroon-Piracicaba' showed lower tillering, larger stem diameter and width of the blades relative to the other. The cv. 'Guaçu/IZ.2' tended to show values near 'Cameroon-Piracicaba', while 'Cana D'África' showed this trend only in relation to the width of the blade at higher doses high of nitrogen fertilization.

Keywords: morphoagronomic characteristics, analysis of variance, biomass and dry matter production

Introdução

O capim-elefante, *Pennisetum purpureum* Schum., só recentemente despertou o interesse dos empresários de energia, após décadas de pesquisa científica. Trata-se de uma *Poaceae* semelhante à cana-de-açúcar, trazida de África há pelo menos um século e usada como alimento para o gado. O interesse energético por esta espécie surgiu devido à sua elevada produtividade. Enquanto que o eucalipto, a árvore mais cultivada no Brasil para produzir celulose e carvão vegetal, (produz 7,5 toneladas de biomassa seca por hectare ao ano, em média, e até 20 toneladas nas melhores condições), o capim-elefante pode produzir de 30 a 40 toneladas. Além disso, o eucalipto necessita de sete anos para atingir um tamanho conveniente para o corte, enquanto que o capim-elefante pode ser colhido até duas vezes por ano, devido ao seu rápido crescimento (Mazzarella, 2008).

O capim-elefante é altamente eficiente na fixação de CO₂ (dióxido de carbono) atmosférico durante o processo de fotossíntese para a produção de biomassa vegetal. Esta característica é típica de poaceas tropicais, com metabolismo C₄, que crescem rapidamente e otimizam o uso da água, dos nutrientes do solo e da energia solar (Lemus *et al.*, 2002). Por apresentar um sistema radicular bem desenvolvido, pode contribuir de forma eficiente para aumentar o conteúdo de matéria orgânica do solo, ou o sequestro de C (carbono) no solo (Urquiaga *et al.*, 2006).

Segundo Morais *et al.* (2009a), num total de 18 meses de cultivo, a produtividade de biomassa de todos os genótipos pesquisados, inclusive o Cameroon, esteve próxima de 45 t ha⁻¹, com exceção do genótipo Gramafante que produziu 39,5 t ha⁻¹. Estes resultados foram obtidos na experiência instalada em solo do tipo Argissolo de textura média e de moderada fertilidade, no município de Anchieta-ES na área experimental da Samarco Mineração em Ponta Ubú em julho de 2005. A espécie capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) está entre as poáceas de maior capacidade de acumulação de matéria seca, possuindo também características qualitativas favoráveis para a produção de energia. E, de acordo com Samson *et al.* (2005), existe a possibilidade de obter energia a partir de biomassa vegetal, que pode ser transformada em carvão queimado, ou mesmo diretamente para a produção de calor; desta forma um novo rumo pode ser dado em relação às características que se deseja obter da planta. Deixou de ser importante que uma planta seja rica em proteína para a alimentação de bovinos. A planta ideal para esta finalidade deve ser rica em fibras e lignina,

com elevada relação de C:N, aliada à alta produção de biomassa associada à fixação biológica de azoto (FBN), para que o produto que se quer produzir deste material seja de boa qualidade e com o mínimo consumo de energia fóssil.

O uso da madeira com fins energéticos começou a apresentar dificuldades no final dos anos 80, não só devido aos impactos ambientais mas também pela concorrência de usos mais nobres, como a produção de pasta celulósica, mobiliário e uso na construção civil. Alternativas à madeira, como a biomassa de capim-elefante, passou a ser considerada mais cuidadosamente (Azevedo, 2003), visto o potencial da espécie na utilização alternativa para a produção de energia renovável. O uso desta biomassa energética reduz o gasto de dinheiro estrangeiro na importação de petróleo e contribui para reduzir o efeito estufa ao substituir combustíveis fósseis (Morais, 2008).

Neste sentido, há cerca de 30 anos, a queima da biomassa do capim-elefante foi proposta como fonte alternativa para substituir o uso da madeira em algumas indústrias de cerâmica, siderúrgicas e termo-elétricas, as quais já utilizam o capim-elefante como fonte alternativa de energia (Mazzarella, 2008).

Cultivares melhoradas poderão constituir-se numa das mais importantes demandas dos produtores da região Sul capixaba. A sua inserção como fonte de energia renovável, do ponto de vista socioeconômico e ambiental, contribuirá significativamente para o agronegócio, diminuindo os impactos ambientais provocados pelo uso predatório de florestas nativas, que tem causado danos ambientais, tais como acelerado o assoreamento e conseqüente morte de diversos rios, uma vez que o corte de árvores e queima de combustíveis fósseis tem sido a fonte de energia no fornecimento de calor utilizada em cerâmicas, olarias ou caldeiras nesta região.

Neste contexto, pretendeu-se avaliar o efeito de doses de adubação azotada sobre as principais características morfoagronômicas de três cultivares, 'Guaçu/IZ.2' (G1), 'Cameroon-Piracicaba' (G2) e 'Capim Cana D'África' (G3) na produção de biomassa destinada ao fornecimento de energia, em três cortes no município de Alegre-ES.

Material e Métodos

Os ensaios foram instalados numa área do Instituto Federal do Espírito Santo no Campus de Alegre com latitude de 20°45'57,9" S, longitude de 41°27'23,93" W e altitude de 126 m, informações obtidas pelo DATUM-SIRGAS 2000. O clima foi classificado por Köppen, como sendo do tipo CWA.

As análises, granulométrica e química, do solo (0-20 cm profundidade), realizadas pelo Laboratório de Física do Solo do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, indicaram os seguintes valores: areia 76,25%; limo 2,52% e argila 21,23%, pH(H₂O) 6,0; P 19,0 mg dm⁻³; K 67,0 mg dm⁻³; Na 0,0 mg dm⁻³; Ca 1,5 cmol dm⁻³; Mg 0,5 cmol dm⁻³; Al 0,0 cmol dm⁻³; H+Al 1,9 cmol dm⁻³; CTC(t) 2,2 cmol dm⁻³; CTC(T) 4,2 cmol dm⁻³; S.B. =2,2 cmol dm⁻³; V 53,4%; m 0,0%, sendo o solo classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Eutrófico (Embrapa, 2006).

O Delineamento experimental consistiu em blocos casualizados (DBC), num esquema de parcelas subdivididas na ausência de irrigação com três cultivares de capim-elefante: 'Guaçu/IZ.2' (G1), 'Cameroon-Piracicaba (G2)' e 'Capim Cana D'África' (G3), sob duas doses de adubação azotada (500 e 1000 kg ha⁻¹ de N) com doze repetições.

A área experimental foi constituída por 36 linhas espaçadas de 1,5 m e a unidade experimental (parcela) por quatro linhas de 12 m de comprimento, espaçadas de 1,5 m e os 3 m das extremidades serviram como bordadura. Os 6 m centrais constituíram as subparcelas com 3 m de comprimento que receberam a adubação azotada de forma parcelada durante o ciclo da cultura no período de chuva. Realizou-se, em 22 de abril de 2010, o plantio dos colmos disposto no sistema pé com ponta dentro dos sulcos, posteriormente fizeram-se os cortes dos colmos com aproximadamente 50 a 60 cm de tamanho dentro do sulco de plantio e foram cobertos com 3 cm de solo. Cada bloco foi composto por três parcelas (formadas pelos genótipos) que foram divididas em duas subparcelas (constituídas pelas doses de 500 e 1000 kg ha⁻¹ de N, na forma de ureia).

Foram realizados três cortes: 1º corte em agosto/setembro de 2011 com 180 dias, 2º corte em julho de 2012 com 300 dias e o 3º corte em janeiro de 2013 com 180 dias. A área útil da subparcela foi obtida, retirando-se 1,50 m da linha de plantio com 2,25 m². Desta obtiveram-se as amostras de plantas integrais, que foram medidas para a obtenção dos valores médios relacionados com as características: diâmetro do colmo, largura da lâmina e altura; depois foram pesadas e secas numa estufa à temperatura de 65 °C sob circulação de ar forçado durante 72 horas. Após a secagem, as amostras foram novamente pesadas, moídas num moinho do tipo Wiley malha de 1 mm e acondicionadas em vidros.

Os teores de matéria seca foram obtidos mediante secagem numa estufa com ventilação de ar forçado, a 105 °C durante 24 horas, servindo este parâmetro para expressar a produção de matéria seca em t ha⁻¹. Este procedimento foi feito para avaliar a resposta

de cada cultivar nas diferentes doses de azoto. As características morfoagronômicas avaliadas foram: Produção de Matéria Seca (PMS); Percentagem de Matéria Seca (% MS); Número de Perfis por Metro (NPPM); Diâmetro Médio do Colmo (DC); Altura Média das Plantas (ALT) e Largura Média da Lâmina Foliar (LL).

Os dados obtidos referentes às características avaliadas para a obtenção da produção de biomassa foram submetidos à análise de variância (por corte) pelo teste de F. Posteriormente, fez-se a análise de variância conjunta pelo teste de F, por corte, realizada no modelo estatístico de blocos ao acaso, no esquema de parcelas subdivididas para verificar a interação genótipos x tratamentos; e para comparação das médias aplicou-se o teste de Tukey a 5%, utilizando o software GENES.

O modelo estatístico utilizado foi o de blocos ao acaso, no esquema de parcelas subdivididas descrito abaixo:

$$y_{ijkl} = \mu + B_l + G_i + \varepsilon_a + N_j + G_i N_j + \varepsilon_b + C_k + G_i C_k + N_j C_k + G_i N_j C_k + \varepsilon_c$$

em que: Y_{ijkl} = valor observado relativo ao i-ésimo genótipo, na j-ésima dose de azoto, no k-ésimo corte e no l-ésimo bloco; μ = média geral da experiência; G_i = efeito do i-ésimo genótipo; B_l = efeito do l-ésimo bloco; ε_a = efeito do erro a, associado ao i-ésimo genótipo no l-ésimo bloco; N_j = efeito da j-ésima dose de azoto; $G_i N_j$ = efeito da interação do i-ésimo genótipo com a j-ésima dose de azoto; ε_b = efeito do erro b, associado ao i-ésimo genótipo a j-ésima dose de azoto e no l-ésimo bloco; C_k = efeito do k-ésimo corte; $G_i C_k$ = efeito da interação do i-ésimo genótipo com k-ésimo corte; $N_j C_k$ = efeito da interação da j-ésima dose de azoto com k-ésimo corte; $G_i N_j C_k$ = efeito da interação do i-ésimo genótipo com a j-ésima dose de azoto e k-ésimo corte; ε_c = efeito do erro c, associado ao i-ésimo genótipo a j-ésima dose de azoto e k-ésimo corte e no l-ésimo bloco. $\varepsilon_a, \varepsilon_b$ e $\varepsilon_c \sim \text{NID}(0, \sigma_{\varepsilon_{a,b,c}}^2)$.

Resultados e Discussão

Os resultados das análises de variância conjunta para as características morfoagronômicas avaliadas nos três cortes envolvendo três genótipos com duas doses de azoto não foram significativamente diferentes para $p > 0,05$, para todas as características morfoagronômicas nas fontes de variação das interações genótipo e azoto, e da interação tripla genó-

tipo, azoto e corte, indicando a independência entre os fatores genótipo, azoto e corte. Para a interação corte e azoto houve somente efeito significativo $p < 0,05$ para as características ALT e LL.

A interação significativa entre genótipos e cortes evidenciou que a resposta dos genótipos não é a mesma nos cortes sucessivos, ou seja, existem diferenças entre as médias dos genótipos, ou na classificação das suas médias, entre os três cortes. É importante ressaltar que a interação entre genótipos e cortes só foi significativa para as características % MS, ALT, DC e LL. No que se refere a PMS e NPPM não foi significativo, evidenciando diferenças genotípicas para estas características. É desejável que os cultivares de capim-elefante apresentem-se produtivas ao longo de todo o cultivo, e para a produção de biomassa energética é importante que os genótipos tenham um desempenho mais elevado e estável entre os diferentes cortes, minimizando os efeitos de

interação genótipos x ambientes (Daher *et al.*, 2004). Em relação à fonte de variação de genótipo, as características NPPM, DC e LL apresentaram diferenças significativas, indicando respostas diferenciadas entre os genótipos. Este resultado comprova a distinção existente entre cortes realizados em períodos diferentes, mostrando que as plantas podem sofrer alterações na sua estrutura e morfologia em virtude das condições ambientais adversas.

A fonte de variação de cortes foi altamente significativa para todas as características avaliadas, indicativo imprescindível na distinção entre as cultivares avaliadas. Os dados meteorológicos referentes à precipitação pluviométrica mensal, registradas no período de fevereiro de 2011 a 14 de janeiro de 2013, no IFES-Campus de Alegre no Sul do Espírito Santo registraram totais de 762; 1.190 e 391 mm referentes aos cortes 1; 2 e 3, respectivamente, o que corrobora este efeito verificado conforme Quadro 1.

Quadro 1 – Precipitação pluviométrica (Pe) e Temperatura (°C), registradas no período de fevereiro de 2011 a 14 de janeiro de 2013 no Município de Alegre no Sul do Espírito Santo.

Cortes	Mês/Ano	Nº dias	Pe (mm)	Temperatura (°C)		
				Mínima	Média	Máxima
Corte 1	02/11	3	168,0	20 a 22	26 a 28	> 34
	03/11	14	369,1	18 a 20	24 a 26	30 a 32
	04/11	6	145,0	16 a 18	22 a 24	30 a 32
	05/11	2	27,0	16 a 18	20 a 22	28 a 30
	06/11	2	18,0	12 a 14	18 a 20	28 a 30
	07/11	1	35,0	12 a 14	22 a 22	26 a 28
	08/11	0	0,0	12 a 14	20 a 22	26 a 28
Corte 2	09/11	0	0,0	12 a 14	20 a 22	28 a 30
	10/11	9	207,5	18 a 20	22 a 24	30 a 32
	11/11	12	270,0	18 a 20	20 a 22	28 a 30
	12/11	22	147,0	20 a 22	22 a 24	30 a 32
	01/12	5	138,5	20,8	25,3	31,2
	02/12	7	123,2	20,9	26,8	34,6
	03/12	10	91,4	21,1	25,9	32,8
	04/12	7	102,9	20,0	24,5	30,6
	05/12	11	90,5	17,5	21,1	26,5
06/12	2	19,0	17,4	22,0	28,4	
Corte 3	07/12	2	7,7	15,0	20,9	28,8
	08/12	9	52,31	15,9	20,9	27,4
	09/12	5	49,10	16,8	22,7	29,8
	10/12	3	30,50	19,0	25,3	32,8
	11/12	19	217,40	20,5	23,9	29,0
	12/12	4	33,90	22,5	27,8	35,3
	01/13	0	0,00	21,7	26,2	32,8

Fonte: CPTEC, INMET, INCAPER e IFES- Campus de Alegre

Ao analisar os valores médios referentes às características morfoagronômicas expressas no Quadro 2 pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, verificou-se que a característica produção de matéria seca (PMS), quanto à resposta das cultivares às doses de azoto utilizadas nos cortes 1, 2 e 3 não houve diferença estatística; porém ocorreu a diminuição na PMS destas cultivares no corte 3, podendo estar relacionada ao estresse hídrico que ocorreu nesse período.

A produção de matéria seca da cv. 'Cameroon-Piracicaba' obtida de 38,7 t ha⁻¹ no corte 2 (300 dias), na dose de 1000 kg ha⁻¹ de N, difere da obtida por Oliveira (2012), pois esta cultivar respondeu melhor quando se utilizou a dose 800 kg ha⁻¹ de N num corte

com 10 meses, obtendo uma produção 52,8 t ha⁻¹, e também da produção obtida por Oliveira (2013) em dois cortes totalizando uma produção de 27,25 t ha⁻¹ano⁻¹, em Campos dos Goytacazes, RJ.

Os resultados obtidos podem ser considerados promissores, levando em consideração a significativa falta de chuvas no segundo semestre de 2012. A produção de matéria seca da cv. 'Cameroon-Piracicaba' difere de Moraes *et al.* (2009a,b) obtidos em 3 ciclos, para o mesmo genótipo utilizando uma adubação azotada inferior, produziu no 1º ciclo 21,1 t ha⁻¹, no 2º ciclo 15,4 e no 3º ciclo 8,2 t ha⁻¹ em 18 meses em Ponta Ubú, Anchieta-ES, apresentando o maior valor para produção de biomassa, da ordem anual de 36,5 t ha⁻¹ nos primeiros dois cortes. Considerando a produção

Quadro 2 – Os valores médios das características morfoagronômicas avaliadas em três cultivares de capim-elefante sob duas doses de N (500 e 1000 kg ha⁻¹) em três cortes, para fins energéticos, no município de Alegre-ES, 2011- 2013.

DOSES						
PMS	500 kg ha ⁻¹			1000 kg ha ⁻¹		
	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Corte 1	Corte 2	Corte 3
G1	29,63 Aa	34,19 A a	15,54 Ba	28,62 Aa	32,33 Aa	15,27 Ba
G2	32,91 Aa	32,77 Aa	14,70 Ba	31,01 Aa	38,72 Aa	15,60 Ba
G3	29,76 Aa	33,94 Aa	15,64 Ba	34,11 Aa	30,82 Aa	15,78 Ba
%MS	500 kg ha ⁻¹			1000 kg ha ⁻¹		
	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Corte 1	Corte 2	Corte 3
G1	58,73 Aa	34,41 Ba	25,77 Ca	56,55 Aa	35,71 Ba	24,93 Ca
G2	51,77 Ab	36,59 Ba	24,62 Ca	53,01 Aa	36,52 Ba	23,29 Ca
G3	52,43 Ab	36,45 Ba	25,70 Ca	53,37 Aa	37,15 Ba	24,93 Ca
NPPM	500 kg ha ⁻¹			1000 kg ha ⁻¹		
	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Corte 1	Corte 2	Corte 3
G1	20,44 Ba	28,50 Aa	29,58 Aa	20,78 Ba	28,42 Aab	30,67 Aa
G2	20,17 Aa	23,25 Ab	22,08 Ab	20,39 Aa	23,00 Ab	26,08 Aa
G3	21,83 Ba	31,75 Aa	30,92 Aa	24,95 Aa	30,58 Aa	30,67 Aa
DC	500 kg ha ⁻¹			1000 kg ha ⁻¹		
	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Corte 1	Corte 2	Corte 3
G1	15,33 Aa	17,14 Ab	15,69 Ab	14,75 Bab	17,08 Ab	15,11 Bb
G2	15,42 Ba	19,86 Aa	18,64 Aa	16,33 Ba	19,59 Aa	18,22 Aa
G3	15,25 Aa	17,03 Ab	15,22 Ab	14,33 Bb	16,64 Ab	15,25ABb
ALT	500 kg ha ⁻¹			1000 kg ha ⁻¹		
	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Corte 1	Corte 2	Corte 3
G1	4,18 Aa	4,04 Aab	2,72 Ba	4,40 Aa	3,97 Ba	2,72 Ca
G2	4,12 Aa	4,20 Aa	2,80 Ba	4,23 Aa	4,07 Aa	2,81 Ba
G3	4,23 Aa	3,78 Bb	2,75 Ca	4,44 Aa	3,77 Ba	2,74 Ca
LL	500 kg ha ⁻¹			1000 kg ha ⁻¹		
	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Corte 1	Corte 2	Corte 3
G1	5,03 Ba	4,24 Cb	5,71 Aab	4,39 Bb	3,88 Bb	5,85 Aa
G2	5,16 Ba	5,23 Ba	5,93 Aa	5,03 Ba	5,03 Ba	5,95 Aa
G3	4,86 Ba	3,91 Cb	5,40 Ab	4,56 Bab	3,95 Cab	5,59 Aa

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha, e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05).
 A Produção de matéria seca em t ha⁻¹ = PMS; Percentagem de matéria seca = %MS; Número de plantas por metro = NPPM; Altura média da planta em metros = ALT; Diâmetro médio do colmo em milímetros = C; Largura média da lâmina foliar em centímetros = LL;
 'Guaçu/IZ.2' = G1; 'Cameroon-Piracicaba' = G2; 'Capim Cana D'África' = G3.

obtida somente no 3º ciclo por Morais *et al.* (2009a,b), pode-se observar que o resultado obtido de 14,7 t ha⁻¹ na dose de 500 kg ha⁻¹ superando à de Morais *et al.* (2009a,b) sem aplicação da adubação azotada.

A produção de matéria seca obtida da cv. 'Guaçu/IZ.2' foi 45,2 t ha⁻¹ano⁻¹, referente aos cortes 1 e 3, diferiu dos resultados obtidos por Andrade *et al.* (2003), na experiência de Brotas 49,5 t ha⁻¹ano⁻¹, e do de Nova Odessa cuja produção foi de 30,9 t ha⁻¹ano⁻¹, utilizando doses inferiores de azoto. A produção de matéria seca obtida no corte 2 de 34,2 t ha⁻¹, num período de 10 meses diverge de Andrade *et al.* (2003) e de Rossi (2010), pois obtiveram elevadas produções para a cv. 'Guaçu/IZ.2', produzindo acima de 50 t ha⁻¹ num período igual de tempo, utilizando uma dosagem de azoto inferior.

A produção de matéria seca da cv. 'Cana D'África' obtida no corte 2 num intervalo de 10 meses de 33,9 t ha⁻¹ foi semelhante à obtida por Rossi (2010), de 36,2 t ha⁻¹ num igual ciclo mesmo utilizando uma dose inferior de adubação azotada. A média geral obtida de 26,7 t ha⁻¹, referente à produção de matéria seca das cultivares pesquisadas no corte 1; 2 e 3, corrobora com os resultados obtidos por Leite (2000), que obteve uma produção de matéria seca de 27,7 t ha⁻¹ com a idade de corte de 113,1 dias para a cv. 'Cameroon'. Ao analisar a percentagem de matéria seca, todas as cultivares demonstraram uma diminuição nesta característica nos cortes 1; 2 e 3 dentro das doses utilizadas. Somente a cv. 'Guaçu/IZ.2' diferiu estatisticamente da cv. 'Cameroon-Piracicaba' e da cv. 'Cana D'África' no corte 1 na dose de 500 kg ha⁻¹ de N, por ter apresentado um % MS maior que as demais.

A média obtida de 24,8% de matéria seca (% MS) no terceiro corte (180 dias) referentes às cvs. 'Guaçu/IZ.2', 'Cana D'África' e 'Cameroon-Piracicaba', foi semelhante à média de 24,5% obtida por Souza Sobrinho *et al.* (2005). No entanto, foi diferente da obtida por Rossi (2010) de 37,2%. No segundo corte (300 dias), a média obtida foi semelhante à obtida por Rossi (2010), oscilando de 35,7% a 37,2%. Os teores de matéria seca observados, comparados com os resultados encontrados por Souza Sobrinho *et al.* (2005), confirmam que há um incremento de matéria seca quando se aumenta o intervalo de corte.

A variável, número de perfilho (NPPM) mostrou-se oscilante no que se refere à resposta das cultivares nas diferentes doses utilizadas. Houve um incremento no perfilhamento para a cv. 'Guaçu/IZ.2' e 'Cana D'África' nos cortes 2 e 3 dentro da dose de 500 kg ha⁻¹, diferindo estatisticamente da cv. 'Cameroon-Piracicaba', esta apresentou um menor número de perfilhos nestes cortes. Entretanto, dentro da dose de 1000 kg ha⁻¹ este incremento ocorreu

somente para a cv. 'Guaçu/IZ.2' nos cortes 2 e 3, não diferindo estatisticamente das cvs. 'Cana D'África' e 'Cameroon-Piracicaba', sendo estas estatisticamente diferentes, pois a cv. 'Cameroon-Piracicaba' apresentou um menor número de perfilhos.

Os valores obtidos de NPPM, diferem de Rossi (2010), que obteve para as cvs. 'Guaçu/IZ.2', 'Cameroon-Piracicaba' e 'Cana D'África', os respectivos valores 46,0; 33,3 e 36,0 NPPM, num intervalo de 10 meses utilizando uma dose inferior de N e dos valores obtidos por Oliveira (2013), pois as cvs. 'Guaçu/IZ.2', 'Cameroon-Piracicaba' e 'Cana D'África' apresentaram 28; 28 e 23 NPPM, respectivamente, num intervalo de seis meses na menor adubação azotada. Segundo Silva *et al.* (2010), as características número de perfilhos basais e aéreos por metro apresentaram alta hereditariedade, evidenciando pouca influência do ambiente na variabilidade entre clones. A maior produtividade coincide com o maior número de perfilhos por área e da altura da planta. Menores espaçamentos tendem a promover o aumento dos perfilhos sem, no entanto, aumentar o seu número por planta (Bhatti *et al.*, 1985).

Na característica diâmetro médio do colmo, houve um incremento para a cv. 'Cameroon-Piracicaba' nos cortes 2 e 3 dentro da dose de 500 kg ha⁻¹ de N, diferindo estatisticamente das cvs. 'Guaçu/IZ.2' e 'Cana D'África'. No corte 2 dentro da dose 1000 kg ha⁻¹ de N, houve um incremento no DC para as três cultivares. Já no corte 3 dentro da dose 1000 kg ha⁻¹ de N, não houve incremento para a cv. 'Guaçu/IZ.2'. A cv. 'Cameroon-Piracicaba' apresentou um maior diâmetro diferindo estatisticamente das demais no corte 2 e 3 nas diferentes doses utilizadas. Entretanto a cv. 'Cana D'África' foi a que apresentou menor diâmetro no corte 1 dentro da dose 1000 kg ha⁻¹ de N diferindo estatisticamente da cv. 'Cameroon-Piracicaba', mas não diferindo da cv. 'Guaçu/IZ.2'.

Os valores do diâmetro variaram de 14,3 mm a 19,9 mm obtendo uma média geral de 16,5 mm. Daher *et al.* (2000) também encontraram valores semelhantes para o diâmetro médio.

No presente estudo, a cv. 'Cameroon-Piracicaba' foi a que apresentou maior diâmetro nos dois últimos cortes, porém não foi a que melhor respondeu quanto à produção de matéria seca quando se utilizou a dose 500 kg ha⁻¹, corroborando com os resultados obtidos por Daher *et al.* (2004) que verificaram uma correlação inversa entre as características diâmetro do colmo e produção de matéria seca, em consequência, segundo os autores, das condições ambientais em que as plantas se desenvolveram.

No que diz respeito à altura média, houve um decréscimo para a cv. 'Cana D'África', nos cortes 2

e 3, diferindo estatisticamente da cv. 'Cameroon-Piracicaba', somente no corte 2 dentro da dose de 500 kg ha⁻¹ de N, por ter apresentado a menor altura nesse corte. Entretanto, para as cvs. 'Guaçu/IZ.2' e 'Cameroon-Piracicaba' houve um declínio nessa característica, somente no corte 3, mas não diferiram estatisticamente.

Ao analisar a resposta das cultivares dentro da dose de 1000 kg ha⁻¹ de N, houve um decréscimo na altura para as cvs. 'Guaçu/IZ.2' e 'Cana D'África' nos cortes 2 e 3. Enquanto que a cv. 'Cameroon-Piracicaba' manifestou essa resposta somente no corte 3, mas não diferiu estatisticamente das demais nos três cortes.

Os resultados obtidos referentes à altura média das cultivares nos três cortes diferiram dos obtidos por Rossi (2010) com intervalo de 10 meses utilizando dose inferior de adubação azotada. No corte 3, os valores obtidos foram inferiores aos obtidos por Rossi (2010) e superiores aos de Oliveira (2013), pois nos seus trabalhos a altura das cultivares 'Guaçu/IZ.2', 'Cameroon-Piracicaba' e 'Cana D'África' variaram de 3,7; 3,4 e 3,3 m, respectivamente.

Alguns trabalhos têm demonstrado que existe uma relação direta entre a quantidade de água recebida e a altura das plantas de capim-elefante, tanto na época seca quanto na época chuvosa (Mota *et al.*, 2010 e 2011).

Algumas variedades de capim-elefante podem atingir alturas elevadas dependendo das condições de clima e manejo. Kannika *et al.* (2011) avaliaram a altura do capim-elefante com diferentes intervalos de corte e verificaram que aos 12 meses de idade o capim-elefante atingiu 5 m. As cvs. 'Cana D'África', 'Cameroon' e 'Guaçu/IZ.2' apresentaram uma altura média, em 24 semanas, igual: de 203, 215 e 188 cm respectivamente, e foram as que apresentaram maiores alturas, com exceção da 'Guaçu/IZ.2'. Enquanto que Rossi (2010) observou que as alturas médias atingidas pelas cvs. 'Cana D'África', 'Cameroon-Piracicaba' e 'Guaçu/IZ.2' foram 330; 340 e 370 cm respectivamente. Segundo Xia *et al.* (2010), esta variável é correlacionada positivamente com a produtividade.

Na característica largura média da lâmina foliar, houve um decréscimo para as cvs. 'Guaçu/IZ.2' e 'Cana D'África', no corte 2 dentro das doses 500 e de 1000 kg ha⁻¹ de N, diferindo estatisticamente na dose de 500 kg ha⁻¹ de N; entretanto, na dose de 1000 kg ha⁻¹ de N, somente a cv. 'Guaçu/IZ.2' diferiu da cv. 'Cameroon-Piracicaba'. Já no corte 3, todas as cultivares responderam com um incremento na LL; mesmo assim, a cv. 'Cana D'África' por apresentar a menor LL, diferiu estatisticamente da cv. 'Cameroon-Piracicaba', pois foi a que apresentou a maior LL, enquanto que a cv. 'Guaçu/IZ.2' não diferiu das demais dentro da dose de 500 kg ha⁻¹ de N.

Os resultados da largura da lâmina (LL), no corte 3, mostram que esta característica não foi influenciada pelos stresses hídricos, contradizendo os resultados obtidos por Barreto *et al.* (2001), cuja conclusão foi de que a largura da lâmina foliar era negativamente influenciada pelo stresse hídrico, sendo que, nas parcelas submetidas a stresse, os valores corresponderam a 23,8; 29,4; 33,3; e 43,7% da largura das folhas das plantas irrigadas, para os cultivares 'Mott', 'Roxo de Botucatu' e 'Cameroon' e para o híbrido HV-241, respectivamente.

Silva *et al.* (2010), verificaram que o diâmetro de colmo, o número de perfilhos basais e aéreos por metro, o comprimento da folha, a largura da folha, a porcentagem de lâmina foliar e colmo, e a relação folha/colmo apresentaram alta hereditariedade. Contudo, estimativas de hereditariedade são próprias do conjunto de genótipos avaliados e de determinada condição ambiental (Acquaah, 2007; Silva e Rocha, 2010) e Silva *et al.* (2010), em clones de *Pennisetum* de porte baixo, observaram hereditariedade de 83% para comprimento de entrenós a 98% para largura da lâmina foliar e diâmetro do colmo, pois a menor variação genética encontrada para estes clones, indica que grande parte da variabilidade fenotípica tem causas genéticas.

De acordo com os dados pluviométricos, de 762,1 mm no primeiro corte, de 1190 mm no segundo corte, e de 390,91 mm no terceiro, é possível observar que o período do primeiro corte (de fevereiro a agosto/setembro de 2011), e do segundo corte (setembro a julho de 2012), de modo geral, foi mais favorável ao crescimento das plantas de capim-elefante, uma vez que foi observado nesta modalidade a maior altura da planta de 443,5 cm no corte 1 e de 420 cm no corte 2, valor superior ao verificado no corte 3 de 280,8 cm. Este facto, provavelmente, foi consequência da maior pluviosidade observada no primeiro e segundo período de crescimento. No período do terceiro corte (julho de 2012 a janeiro de 2013), o efeito do stresse hídrico foi maior para a variável produção de matéria seca e para a altura da planta. A redução do crescimento e, conseqüentemente, da altura da planta, pode estar relacionada com os sintomas do stresse hídrico. Tal comportamento também foi observado em sete cultivares de capim-elefante (Charvarria, 1985; Barreto *et al.*, 2001).

Conclusão

Conclui-se que as cultivares usadas, de um modo geral, não diferiram entre si quanto ao potencial para a produção de matéria seca nos cortes realizados nas diferentes doses de azoto utilizadas, mesmo sob con-

dições ambientais contrastantes. Porém, houve um decréscimo na produção de matéria seca e na altura destas cultivares no corte 3 em virtude do stresse hídrico ocorrido no período deste corte. Entretanto, a cv. 'Cameroon-Piracicaba' apresentou um menor perfilhamento, maiores diâmetro do colmo e largura de lâminas em relação às demais. A cv. 'Guaçu/IZ.2' tendeu a apresentar valores próximos à cv. 'Cameroon-Piracicaba', enquanto que a cv. 'Cana D'África' apresentou essa tendência apenas em relação à largura da lâmina para maiores doses de adubação azotada.

Agradecimentos

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) pelo acordo junto à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio ao programa de doutorado interinstitucional (DINTER). E a Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), pelo auxílio parcial ao desenvolvimento do projeto de pesquisa.

Referências Bibliográficas

- Andrade, J.B. de; Júnior, E.F.; Beisman, D.A.; Werner, J.C.; Ghisi, O.M.A.A.; Leite, V.B. de O. (2003) - Avaliação do capim-elefante (*pennisetum purpureum schum.*) visando o carvoejamento. Disponível em: http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC000000022000000100029&script=sci_arttext&tlng=pt. Acesso: 06 junho 2010.
- Azevedo, P.B.M.de (2003) - Aspectos econômicos da produção agrícola do capim elefante. In: *Anais do 3º Encontro de Energia no Meio Rural*, AGRENER. Campinas. Disponível: http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022000000100032&lng=en&nrm=iso. Acesso: 21 fevereiro 2014.
- Barreto, G.P.; Lira, M.A.; Santos, M.V.F. e Dubeux Júnior, J.C.B. (2001) - Avaliação de Clones de Capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) e de um Híbrido com o Milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) Submetidos a Estresse Hídrico. *Rev. Bras. Zootec.*, vol. 30, n. 1, p. 1-6.
- Bhatti, M.B.; Mohammad, D.; Sartaj e Sultani, M.I. (1985) - Effect of different interand intra-row spacings on forage yield and quality in elephant grass. *Pakistan Journal of Agriculture Research*, vol. 6, n. 2, p. 107-112.
- Daher, R.F.; Vasquez, H.M.; Pereira, A.V. e Fernandes, A.M. (2000) - Introdução e Avaliação de clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) em Campos dos Goytacazes, RJ. *Rev. Bras. Zootec.*, vol. 29, n. 5, p. 1296-1301.
- Daher, R.F., Pereira, A.V., Pereira, M.G., Lédo, F.J.S., Amaral Junior, A.T., Rocabado, J.M.A., Ferreira, C.F. e Tardim, F.D. (2004) - Análise de trilha de caracteres forrageiros do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). *Ciência Rural*. vol. 34, n. 5, p. 1531-1535.
- EMBRAPA. (2006) —*Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2ed. Rio de Janeiro: Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária, Embrapa Solos, p. 164.
- Kannika, R.; Yasuyuki, I.; Kunn, K.; Pichit, P.; Prapa, S.; Vittaya P.; Pilanne, V.; Ganda, N. e Sayan, T. (2011) - Effects of inter-cutting interval on biomass yield, growth components and chemical composition of napiergrass (*Pennisetum purpureum* Schum.) cultivars as bioenergy crops in Thailand. *Grassland Science*, vol. 57, n. 3, p. 135-141.
- Leite, R.M.B.; Filho, J.L.Q. e Silva, D.S. (2000) - Produção e valor nutritivo do capim-elefante cultivar Cameroon em diferentes idades. *Agropecuária Técnica*, vol.21, n.1/2. Disponível em http://www.cca.ufpb.br/revista/pdf/2000_4.PDF. Acesso: 07 julho 2013.
- Lemus, R.; Brummer, E.C.; Moore, K.J.; Molstod, E.; Burras, C.L. e Barker, M. (2002) - Biomass yield and quality of 20 switchgrass populations in southern Iowa, USA: *Biomass and Bionergy*, vol. 23, n. 6, p. 433-442.
- Mazzarella, V. (2008) *Capim-elefante: A energia renovável moderna*. Documento publicado em www.capim-elefante.org.br. Acesso: 09 novembro 2011.
- Morais, R. F. (2008) - *Potencial produtivo e eficiência da fixação biológica de nitrogênio de cinco genótipos de capim elefante (Pennisetum Purpureum Schum.), para uso como fonte alternativa de energia*. Dissertação de Mestrado em Agronomia. Seropédica -RJ, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro -UFRRJ, 2008, 73p.
- Morais, R.F.; Zanetti, J.B.; Jantália, C.P.; Boddey, R.M.; Alves, B.J.; Urquiaga, S.; Pacheco, B.M. (2009a) - Produção e qualidade da biomassa de diferentes genótipos de capim-elefante cultivados para uso energético. *Rev. Bras. De Agroecologia*, vol. 4, n. 2. p. 1103-1107.
- Morais, R.F.; Souza, B.J.; Leite, J.M.; Soares, L.H.B.; Alves, B.J.R.; Boddey, R.M. e Urquiaga, S. (2009b) - Elephant Grass genotypes for bioenergy production by direct biomass combustion. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol. 44, n. 2, p.133-140.

- Mota, V.J.G.; Reis, S.T.; Sales, E.C.J.; Rocha Júnior, V.R.; Oliveira, F.G.; Walker, S.F.; Martins, C.E. e Cóser, A.C. (2010) - Lâminas de irrigação e doses de azoto em pastagem de capim-elefante no período seco do ano no norte de Minas Gerais. *Rev. bras. zootec.*, vol. 39, n. 6, p. 1191-1199.
- Mota, V.J.G.; Rocha Júnior, V.R.; Reis, S.T.; Sales, E. C. J.; Oliveira, F. G.; Gomes, V. M.; Martins, C. E. e Cóser, A. C. (2011) - Lâminas de irrigação e doses de azoto em pastagem de capim-elefante no período chuvoso no norte de Minas Gerais. *Rev. Bras. Saúde Prod. An.*, vol. 12, n. 4, p. 908-922.
- Oliveira, E.S. (2012) - *Variação de caracteres morfoagronômicos e da qualidade da biomassa em seis genótipos de capim-elefante (Pennisetum purpureum Schum.) em função de diferentes doses de azoto e análise da viabilidade econômica em Campos dos Goytacazes*. RJ. 120 f. 2013. Dissertação de Doutorado. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes-RJ, Brasil.
- Oliveira, A.V. (2013) - *Avaliação do desenvolvimento inicial e de características morfoagronômicas e da qualidade de biomassa energética de 73 genótipos 116 decapim-elefante em Campos dos Goytacazes*. RJ. 64 f. 2013. Dissertação de Mestrado em Produção Vegetal, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes-RJ, Brasil.
- Rossi, D.A. (2010) - *Avaliação Morfoagronômica e da Qualidade da Biomassa de Acessos de Capim-Elefante (Pennisetum Purpureum Schum.) para fins Energéticos no Norte Fluminense*. 55 f. 2010. Dissertação de Mestrado em Produção. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes-RJ, Brasil.
- Samson, R.; Mani, S.; Boddey, R.; Sokhansani, S.; Quesada, D.; Urquiaga, S.; Reis, V. e Ho Lem, C. (2005) - The potential of C₄ perennial grasses for developing a global Bioheat industry. *Critical Reviews in Plant Sciences*, vol. 24, p. 461-495.
- Silva, A.L.C.; Santos, M.V.F.; Dubeux Júnior, J.C.B.; Lira, M.A.; Ferreira, R.L.C.; Freitas, E.V.; Cunha, M.V. e Silva, M.C. (2010) - Variabilidade e herdabilidade de caracteres morfológicos em clones de capim-elefante na Zona da Mata de Pernambuco. *R. Bras. Zootec.*, vol. 39, n. 10, p. 2132-2140.
- Silva, E. e Rocha, C. R. (2010) - Eucalipto e capim elefante: características e potencial produtivo de biomassa. *Revista Agrogeoambiental*, vol. 2, p. 143-152.
- Souza Sobrinho, F.; Pereira, A.V.; Ledo, F.J.S.; Botrel, M.A., Oliveira, J.S. e Xavier, D. F. (2005) - Avaliação agrônômica de híbridos interespecíficos entre capim-elefante e milho. *Pesq. Agropec. Bras.*, vol. 40, n. 9, p. 873-880.
- Urquiaga, S.; Alves, B.J.R. e Boddey, R.M. (2006) - *Capim-elefante: uma fonte alternativa promissora para a produção de energia*. Disponível em: <www.infobibos.com/Artigos/2006_2/Capimelefante>. Acesso: 26 nov. 2009
- Xia, Z.; Hongru, G.; Chenglong, D.; Xiaoxian, Z.; Jiannli, Z. e Nengxiang, X. (2010) - Path coefficient and cluster analyses of yield and morphological traits in *Pennisetum purpureum*. *Tropical Grasslands*, vol. 44, p. 95-102.