

OTIMIZAÇÃO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA EM TRÊS
CULTIVARES DE CAPIM-ELEFANTE PARA FINS ENERGÉTICOS
NO SUL DO ESPÍRITO SANTO

MARCIA MARIA PAES SANTOS

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
SETEMBRO – 2013

OTIMIZAÇÃO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA EM TRÊS
CULTIVARES DE CAPIM-ELEFANTE PARA FINS ENERGÉTICOS
NO SUL DO ESPÍRITO SANTO

MARCIA MARIA PAES SANTOS

Tese apresentada ao Centro de Ciências e
Tecnologias Agropecuárias da Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,
como parte das exigências para obtenção do
título de Doutora em Produção Vegetal

Orientador: Prof. D.Sc. Rogério Figueiredo Daher
Coorientador: Prof. D.Sc. Niraldo José Ponciano

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
SETEMBRO – 2013

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca do CCTA / UENF 122/2013

Santos, Marcia Maria Paes

Otimização da adubação nitrogenada em três cultivares de capim-elefante para fins energéticos no sul do Espírito Santo / Marcia Maria Paes Santos. – 2013.

150 f. : il.

Orientador: Rogério Figueiredo Daher

Tese (Doutorado - Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. Campos dos Goytacazes, RJ, 2013.

Inclui bibliografia.

1. *Pennisetum purpureum* Schum 2. Energia renovável 3. Características morfoagronômicas 4. Nutrientes minerais 5. Produtividade econômica I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. II. Título.

CDD – 633.2

OTIMIZAÇÃO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA EM TRÊS
CULTIVARES DE CAPIM-ELEFANTE PARA FINS ENERGÉTICOS
NO SUL DO ESPÍRITO SANTO

MARCIA MARIA PAES SANTOS

Tese apresentada ao Centro de Ciências e
Tecnologias Agropecuárias da Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,
como parte das exigências para obtenção do
título de Doutora em Produção Vegetal

Aprovada em ___ de _____ de 2013

Comissão Examinadora

Antonio Vander Pereira (D. Sc. Genética e Melhoramento - Embrapa Gado de
Leite)

Prof. Geraldo de Amaral Gravina (D.Sc. Fitotecnia) – UENF

Prof. Niraldo José Ponciano (D.Sc. Economia Aplicada) – UENF
Coorientador

Prof. Rogério Figueiredo Daher (D.Sc. Produção Vegetal) – UENF
Orientador

Aos meus “PAIS” Milton e Hermínia, razão da minha existência. A vocês “Mamãe” e “Papai, que já estão em outra dimensão, não os esquecerei, pois foram pessoas que na humildade e quietude souberam transmitir os seus valores, ensinando-me o caminho do bem, o qual nos leva ao Pai Celestial.

MAMÃE e PAPAÍ, MUITAS SAUDADES...! A certeza da presença espiritual de vocês me fortalece, impulsionando-me nas minhas ações terrenas.

Um dia nos encontraremos...

AGRADECIMENTOS

Ao meu “DEUS” Todo Poderoso que me deu o dom da vida;

Aos meus “PAIS”, razão da minha existência, que já estão em outra dimensão da vida “eterna” e que souberam transmitir os seus valores ensinando-me o caminho do bem, este que nos leva ao Pai Celestial;

Ao meu “ESPOSO” Carlos Lacy Santos, pelas palavras de incentivo e pela compreensão da minha ausência, devido a essa nova etapa de estudos e a sua colaboração no desenvolvimento da pesquisa por meio de seus conhecimentos técnicos na área das ciências agrárias;

Aos meus “FILHOS” Cleser, Milton e Mayara, que compreenderam a ausência da figura materna no lar e ajudaram-me nas traduções de textos mais avançados escritos em inglês e no uso da ferramenta computacional, e também ao “genro” Diego e à “nora portuguesa” Maria. E ao meu “sobrinho” João Paulo pela colaboração nos trabalhos de coleta de dados e computacionais;

Aos meus “PARENTES” e “AMIGOS” que direta ou indiretamente contribuíram para que tudo isso se tornasse real. Em especial às minhas irmãs Eliane e Lúcia, sobrinhas Ilda Marcia e Bianca e ao meu cunhado Sandro, que me ajudaram na coleta dos dados da pesquisa e assistiram de perto ao espetáculo desta vitória;

À minha querida “AMIGA” Mariani Dan e “SOBRINHA” Luciana Paes com quem compartilhei os momentos alegres e tristes que vivenciei durante esse momento de muitas ansiedades e desafios;

Aos meus “MESTRES” que souberam transmitir os seus conhecimentos científicos na construção dos saberes necessários para a realização da pesquisa,

Ao meu “ORIENTADOR” Rogério Daher e “COORDENADOR” Nivaldo Ponciano pela paciência, pelo espírito solidário e pela competência que me propiciaram durante esta caminhada com seus valores humanos e conhecimentos científicos na idealização e realização da minha pesquisa;

Ao “Ex-Coordenador do Programa de Pós- Graduação” Ricardo Garcia, pela brilhante ideia de buscar novos horizontes de fomentar pesquisas “fora dos muros da instituição”, que possibilitaram mudanças na aplicação de alternativas no setor produtivo, contribuindo assim com o crescimento científico e tecnológico;

À “PROFESSORA” Madella, pelo empenho e pela dedicação na concretização de todos os ideais do Programa de Doutorado que foi realizado no IFES-Campus de Alegre, pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro;

Ao “EX-DIRETOR” do IFES-Campus de Alegre, Carlos Humberto Sanson Moulin por ter me proporcionado esse momento ímpar na minha vida profissional. E atual “DIRETORA” do IFES-Campus de Alegre, Maria Valdete Santos Tannure pela compreensão e pelo apoio nessa minha caminhada ao mundo da pesquisa;

A “UENF” por ter efetivado acordo com o “IFES-Campus de Alegre”, no Doutorado em Produção Vegetal para capacitação dos professores, por meio de projetos de pesquisa que contribuíram com o aperfeiçoamento acadêmico da instituição e desenvolvimento sócioeconômico da região, proporcionando assim, melhoria na qualidade de vida do cidadão inserido na mesma;

A Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) pelo auxílio parcial ao desenvolvimento deste trabalho, e a Embrapa Gado de Leite pela concessão do material genético das cultivares pesquisadas.

Antes de chorar sobre os limites que possui,
antes de reclamar de suas inadequações,
e fadar o seu destino ao fim,
aceita o desafio de pousar os olhos
sobre este aparente estado de fraqueza,
e ouse acreditar,
que mesmo em estradas de
pavimentações
precárias,
há sempre um destino que poderá nos levar
ao local onde o sol se põe
tão cheio de beleza.

Pe. Fábio de Melo

SUMÁRIO

| | |
|---|------|
| RESUMO..... | viii |
| ABSTRACT..... | xii |
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA..... | 5 |
| 2.1 Descrição Geral do Capim-Elefante | 5 |
| 2.2 A Cultura do Capim-Elefante | 6 |
| 2.3 Características do Capim-Elefante como Fonte de Energia | 8 |
| 2.3.1 Cultivar Cameroon..... | 10 |
| 2.3.2 Cultivar Cana D'África..... | 11 |
| 2.3.3 Cultivar Guaçu | 11 |
| 2.4 Função do Fósforo e Nitrogênio para o Capim-Elefante | 12 |
| 2.5 Produção de Biomassa: fonte de energia alternativa | 14 |
| 2.6 Função de Produção..... | 18 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 23 |
| CAPÍTULO 1. AVALIAÇÃO MORFOAGRONÔMICA DE TRÊS CULTIVARES DE CAPIM-ELEFANTE SOB DOSES DE ADUBAÇÃO NITROGENADA PARA FINS ENERGÉTICOS NO SUL DO ESPÍRITO SANTO. | 37 |
| RESUMO..... | 38 |
| ABSTRACT..... | 40 |
| 1. INTRODUÇÃO | 42 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS | 45 |
| 2.1 Localização e Delineamento Experimental | 45 |
| 2.2. Procedimentos para obtenção das características morfoagronômicas | 46 |
| 2.3. Análise dos Resultados | 47 |
| 2.3.1. Análise de Variância Conjunta | 47 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 50 |
| 3.1 Comparação de Médias (Teste de Tukey) | 52 |
| 4. RESUMO E CONCLUSÃO | 62 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 63 |

| | |
|--|-----|
| CAPÍTULO 2. EFEITO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA E FOSFATADA NAS CARACTERÍSTICAS MORFOAGRONÔMICAS EM TRÊS CULTIVARES DE CAPIM- ELEFANTE PARA PRODUÇÃO DE BIOMASSA NO SUL DO ESPÍRITO SANTO..... | 74 |
| RESUMO..... | 75 |
| ABSTRACT..... | 78 |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 80 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS..... | 83 |
| 2.1 Localização e Delineamento Experimental..... | 83 |
| 2.1.1 Procedimentos para obtenção das características morfoagronômicas..... | 85 |
| 2.2. Análise dos Resultados..... | 86 |
| 2.2.1 Análise de Variância..... | 86 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 88 |
| 3.1 Condições Climáticas..... | 88 |
| 3.2 Análise de Variância..... | 90 |
| 3.2.1 Comparações entre médias de genótipos por dose de N..... | 92 |
| 3.3 Análise de Regressão na Produção de Biomassa de Três Cultivares de Capim- Elefante..... | 97 |
| 4. RESUMO E CONCLUSÃO..... | 111 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 113 |
| CAPÍTULO 3. OTIMIZAÇÃO ECONÔMICA DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NO CAPIM-ELEFANTE PARA FINS ENERGÉTICOS EM ALEGRE (ES)..... | 118 |
| RESUMO..... | 119 |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 123 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS..... | 126 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 130 |
| 4. CONCLUSÃO..... | 137 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 138 |
| REFERÊNCIAS..... | 139 |
| ANEXOS..... | 144 |
| Anexo 1..... | 145 |
| Anexo 2..... | 146 |
| Anexo 3..... | 147 |

RESUMO

SANTOS, Márcia Maria Paes; D.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Setembro de 2013. Otimização da adubação nitrogenada em três cultivares de capim-elefante para fins energéticos no sul do Espírito Santo. Orientador: Prof. D.Sc. Rogério Figueiredo Daher. Coorientador: Prof. Niraldo José Ponciano. Conselheiros: Geraldo de Amaral Gravina e Antonio Vander Pereira.

A produção de material energético, por meio da biomassa vegetal é alternativa para contornar a dependência ao petróleo que vive o planeta. Em busca de fontes de energia mais eficientes, é necessária a utilização de energias renováveis por meio da biomassa do capim-elefante, pois se constitui em uma alternativa viável tanto econômica como ambientalmente. O objetivo desse trabalho foi avaliar as respostas de três cultivares de capim elefante, Guaçu/IZ.2 (G1), Cameroon-Piracicaba (G2) e Cana D'África (G3) visando à máxima produtividade física e econômica destas cultivares ao efeito de doses crescentes de nitrogênio e de fósforo, por meio de características morfoagronômicas. Para tanto foi conduzido um experimento em delineamento de blocos casualizados no esquema de parcelas subdivididas sob cinco níveis de adubação nitrogenada (0, 500, 1000, 1500 e 2000 Kg ha⁻¹ de N) e quatro de adubação fosfatada (50, 100, 200 e 400 Kg ha⁻¹ de P₂O₅), com três repetições para cada tratamento. O experimento foi instalado em 22 de abril de 2010. Os cortes de uniformização foram realizados em 4 de novembro de 2010, e após 90 dias fez-se outro corte para recompor as falhas nas parcelas em fevereiro de 2011. Foram realizados

três cortes para obtenção dos dados da pesquisa. O primeiro corte foi feito em agosto/setembro de 2011, o segundo em junho/julho de 2012 e o terceiro em janeiro de 2013. As cultivares foram distribuídas nas parcelas com quatro linhas de plantio de 12,0 m. Em cada linha das subparcelas foi casualizado e incorporado o fósforo (P) e o nitrogênio (N) foi casualizado e fracionado em cinco aplicações durante o período chuvoso, nas subsubparcelas de 2,40 m de comprimento com área de 3,60 m². Na obtenção dos dados retiraram-se da subsubparcela amostras em 1 m na linha de plantio, resultando na área útil de 1,50 m². Essas foram medidas, pesadas e secas em estufa a 65°C sob circulação de ar forçada por 72 horas e posteriormente em estufa com ventilação de ar forçada, a 105°C por 24 horas, servindo este parâmetro para expressar a produção de matéria seca em t ha⁻¹. Foram avaliadas as características de Produção de Matéria Seca (PMS) em t ha⁻¹; Percentagem de Matéria Seca (%MS); Número de Plantas por Metro (NPPM); Diâmetro Médio do Colmo (DC); Altura Média das Plantas (ALT) e Largura Média da Lâmina Foliar (LL). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância individual e conjunta no modelo estatístico de parcelas subsubdivididas, utilizando o Software SAEG e para comparações de médias, utilizou-se o teste de Tukey a 5% pelo programa Genes. Os dados obtidos nas doses de 500 e 1000 Kg ha⁻¹ de N, referentes aos três cortes foram submetidos à análise de variância individual e foi verificado não significância para efeito de fósforo e para as interações que envolveram esse fator, portanto foi feita a análise de variância conjunta e constatou que o fator corte foi altamente significativo ($P < 0,01$) para todas as características, indicando condições ambientais contrastantes durante a realização do experimento. Diante dos resultados obtidos as cultivares não diferiram estatisticamente na produção de matéria seca e possuem potencial para a produção de matéria seca. Entretanto, a cv Cameroon-Piracicaba, apresentou menor perfilhamento tanto em doses altas ou baixas de N. Por conseguinte, apresentou valores médios tanto no diâmetro do colmo e largura de lâminas superiores às outras cultivares. Verificou-se uma tendência da cv Guaçu/IZ.2 apresentar valores próximos à cv Cameroon-Piracicaba, enquanto que a cv cana D'África apresentou essa tendência somente na largura da lâmina nas maiores doses de N. Na análise de variância individual referente ao corte 3, verificou-se não significância para efeito de fósforo e para as interações que envolveram esse fator e também para a interação genótipo e

nitrogênio, mas o fator nitrogênio foi altamente significativo ($P < 0,01$) para as características PMS, ALT e NPPM, e o fator genótipo altamente significativo ($P < 0,01$) para o DC e NPPM, e significativo ($P < 0,05$) para ALT, no entanto não houve significância para LL em nenhum fator. Posteriormente aplicou-se o teste de Tukey a 5% e utilizou-se o aplicativo GENES estimando modelos de equações na obtenção do máximo físico, sob cinco doses de adubação nitrogenada para cada cultivar. Conclui-se que as cultivares, de um modo geral, não diferiram entre si quanto ao potencial para a produção de matéria seca nos cortes realizados nas diferentes doses de nitrogênio, mesmo em condições de estresse hídrico, demonstrando tendência de aumento nessa característica em função das doses crescentes de nitrogênio, portanto o modelo de regressão que melhor se ajustou a esse fenômeno foi o de 2º grau para a cv. Cana D'África, sendo altamente significativo com $R^2 = 96,96\%$, e a cv. Guaçu/IZ.2 o efeito foi significativo com $R^2 = 97,17\%$, em nível de 5% , enquanto que Cameroon-Piracicaba apresentou modelo de regressão de 2º grau em nível de 10% pelo teste de F, com $R^2 = 97,76\%$. A cultivar Cana D'África respondeu positivamente ao incremento da dose de N, demonstrando regressão para NPPM, por meio do modelo quadrático ao em nível de significância de 1% pelo teste F, com $R^2 = 84,93\%$, atingindo o perfilhamento máximo de 33 plantas m^{-1} , na dose de 1.146,13 $kg\ ha^{-1}$ de N. A cultivar Cameroon-Piracicaba diferiu estatisticamente das demais no DC em todas as doses de N utilizadas, e o modelo que melhor se ajustou na LL foi o de 2º grau ,com $R^2 = 82,00\%$, em nível de 5% de significância, pois respondeu positivamente ao aumento dos níveis da adubação nitrogenada, atingindo a largura máxima de 6,52 cm utilizando a adubação de 1.238,62 $kg\ ha^{-1}$ de N, diferindo das outras na dose de 1500 $kg\ ha^{-1}$ de N, enquanto que na dose de 500 $kg\ ha^{-1}$ diferiu somente de Cana D'África, e esta diferiu estatisticamente de Guaçu/IZ.2 sem adubação nitrogenada. O modelo que melhor se ajustou para Cana D'África foi o de 1º grau em nível de 1% de significância, com $R^2 = 93,54\%$, indicando uma tendência de crescimento da lâmina foliar com aumento da adubação nitrogenada e nas condições em que foi avaliada. Utilizando a função de produção a dose ótima econômica foi negativa para todas as três cultivares. A receita líquida operacional foi positiva para Guaçu/IZ.2, Cameroon-Piracicaba e Cana D'África, sem utilização de nitrogênio com os respectivos valores de R\$ 326,80; R\$ 219,54 e R\$ 281,49 por tonelada. Para as outras doses de adubação

nitrogenada foi negativa. Contudo, há possibilidade de se manejar a produção de capim-elefante para fins energéticos não utilizando nitrogênio, pois respondeu fisicamente em produtividade, mas mostrou que diante do baixo preço da tonelada de capim e elevado preço do fertilizante, o melhor retorno financeiro foi não utilizando adubação nitrogenada. Nesse caso é necessário racionalizar o uso deste insumo agrícola, pois os adubos nitrogenados são os que mais demandam energia fóssil, e uma exploração em longo prazo do capim-elefante para fins energéticos é preciso novos estudos para uma agricultura sustentável.

ABSTRACT

SANTOS, Marcia Maria Paes; D.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. September, 2013. Optimization of nitrogen fertilization in three cultivars of elephant grass for energy purposes in the south of Espírito Santo. Advisor : Prof. D.Sc. Rogério Figueiredo Daher. Co-advisor : Prof. Niraldo José Ponciano. Committee Members : Geraldo de Amaral Gravina and Antonio Vander Pereira.

The production of energetic material through the plant biomass is used to solve the dependency on oil living planet. In search of more efficient energy sources, it is necessary the use of renewable energy through biomass of elephant grass as constitutes a viable way both economically and environmentally. The aim of this study was to evaluate the responses of three cultivars of elephant grass, Guaçu/IZ.2 (G1), Piracicaba-Cameroon (G2) and Cana D'Africa (G3) aiming at maximum physical and economic productivity of these cultivars to the effect increasing doses of nitrogen and phosphorus through agronomic characteristics. Therefore an experiment was conducted in a randomized block design in split split plot scheme under five levels of nitrogen fertilization (0, 500, 1000, 1500 and 2000 kg ha⁻¹ N) and four phosphorus (50, 100, 200 and 400 kg ha⁻¹ P₂O₅), with three replicates for each treatment. The experiment was installed on 22 April of 2010. The cuts were made to standardize on 4 November 2010, and after 90 days was made another cut to restore the flaws in installments in February 2011. Three cuts were made to obtain research data. The first cut was made in August / September

2011, the second in June / July 2012 and the third in January 2013. The cultivars were distributed in plots with four planting rows of 12.0 m. In each row of plots was randomized and incorporated phosphorus (P) and nitrogen (N) was randomized and split into five applications during the rainy season, in subsubplots 2.40 m long with an area of 3.60 m². In obtaining data withdrew from subsubplot samples at 1 m in the row, resulting in the area of 1.50 m². These were measured, weighed and dried at 65 ° C under forced air circulation for 72 hours and subsequently in oven with ventilation forced air at 105 ° C for 24 hours, serving this parameter to express the dry matter yield in t ha⁻¹. We evaluated the characteristics of Dry Matter Production (SMP) in t ha⁻¹; Percentage of dry matter (% DM), Number of Plants by Metro (NPPM); Average Diameter of Culm (DC); Average Height of Plants (ALT) Width and Average Leaf Blade (LL). Data were subjected to analysis of variance in individual and joint statistical model of split plots using the Software SAEG and mean comparisons, to the Tukey test at 5% by Genes application. The data obtained at doses of 500 and 1000 kg ha⁻¹ of N, for the three sections were subjected to analysis of variance and individual significance was not found for the effect of phosphorus and interactions involving this factor, therefore the analysis was done of variance and found that the cutting factor was highly significant (P < 0.01) for all traits indicating contrasting environmental conditions during the experiment. Results obtained cultivars have potential for dry matter production. However the cv. Cameroon-Piracicaba, showed lower tillering in both high and low doses of N. Therefore, showed values in both stem diameter and width blades higher than other cultivars. There was a trend cv. Guaçu/IZ.2 present values near cv. Cameroon-Piracicaba, while sugar cane cv. D'Africa showed this trend only in the width of the blade at the highest levels of N. The analysis of variance for the individual cut 3, there was no significant effect for phosphorus and interactions involving this factor and also to the genotype and nitrogen, but the nitrogen was highly significant (P < 0.01) features PMS, ALT, and NPPM, and highly significant factor genotype (P < 0.01) for DC and NPPM, and significant (P < 0.05) for ALT, however not significant for LL on any factor. Subsequently we applied the Tukey test at 5% and used the application GENES estimating equation models for obtaining the maximum physical under five doses of nitrogen for each cultivar. It is concluded that the cultivars, in general, did not differ regarding the potential for the production of dry matter cuts in different nitrogen levels, even in contrasting

environmental conditions, demonstrating increasing trend in this characteristic function of the doses increasing nitrogen, even under conditions of water stress, so the regression model that better fits this phenomenon was the 2nd degree for cv. Cana D'Africa, being highly significant with $R^2 = 96.96\%$, and cv. Guaçu/IZ.2 the effect was significant with $R^2 = 97.17\%$ at 5%, while Piracicaba-Cameroon showed regression of grade 2 at 10% by the F-test, with $R^2 = 97.76\%$. Cultivar Cana D'Africa responded positively to the increase of N, showing regression NPPM through the quadratic model at a significance level of 1% by the F test, with $R^2 = 84.93\%$, reaching the maximum tillering 33 plants m^{-1} at a dose of $1146.13 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$. Cultivar-Cameroon Piracicaba statistically different from the other in DC at all N rates, and the model that best fit the LL was the 2nd degree, with $R^2 = 82.00\%$, the 5% level of significance, as responded positively to increased levels of nitrogen fertilization, reaching a maximum width of 6.52 cm using the fertilization of $1238.62 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$, differing from the other at a dose of $1500 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$, while in dose of 500 kg ha^{-1} differed only Cana D'Africa, and this was statistically different from Guaçu/IZ.2 without nitrogen fertilization. The model that best fit for Cana D'Africa was the 1st grade at 1% significance level, with $R^2 = 93.54\%$, indicating a trend of growth of the leaf blade with increased nitrogen fertilization and the conditions in which was evaluated. Using the production function to economic optimum rate was negative for all three cultivars. Using the production function to economic optimum rate was negative for all three cultivars. The net operating income was positive for Guaçu/IZ.2, Cameroon–Piracicaba and Cana D'Africa, without the use of nitrogen with the respective values of R \$ 326.80, R \$ 219.54 and R \$ 281.49 per ton. For other nitrogen fertilization was negative. However there is the possibility of managing the production of elephant grass for energy not using nitrogen as it responded physically productivity, but showed that before the low price of a ton of grass and high price of fertilizer, the best financial return was not using fertilizer nitrogen. In this case it is necessary to rationalize the use of this agricultural input, because fertilizers of nitrogen demand more fossil energy, and a long-term exploration of elephant grass for energy you need further studies for sustainable agriculture.

1. 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 da África há pelo menos um século e usada como alimento para o gado. O interesse energético por esta espécie foi despertado por sua alta produtividade. Enquanto o eucalipto, árvore mais cultivada no Brasil para produzir celulose e carvão vegetal, fornece 7,5 toneladas de biomassa seca por hectare ao ano, em média, e até 20 toneladas nas melhores condições, o capim alcança de 30 a 40 toneladas (Mazzarella, 2007).

Segundo Osava (2007), o capim-elefante verde contém 80% de água e não seca no meio ambiente, como o eucalipto, porque se for amontoado pode apodrecer. Sua secagem exige que seja cortado em pedacinhos e com o uso de algum tipo de energia. Além disso, a compactação é indispensável para a armazenagem e o transporte, diante do grande volume e do material seco. Por essas razões, os setores agroindustriais, como laticínios, indústrias de doces, de cachaças e as de cerâmicas aparecem como o setor inicial que impulsionará a utilização desse novo insumo energético. As fábricas em média demandam menos de 100 hectares cultivados nas proximidades, dispensando o transporte e a compactação, e podem usar o capim diretamente em substituição à lenha ou ao gás natural. Outras atividades que apenas precisam de calor ou vapor também poderão aderir a essa alternativa.

Neste contexto, surgem novas perspectivas para a geração de energia da biomassa vegetal, dado o futuro das indústrias estar nas fontes energéticas renováveis. O Brasil apresenta plenas condições de liderar essa atividade, principalmente por sua extensão territorial e condições climáticas serem favoráveis, além dos benefícios oferecidos com a utilização de uma fonte de energia limpa (Mazzarella, 2000; Motta et al., 2000).

Com isso, destacam-se os estudos relacionados ao capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) para a produção de carvão vegetal, sobretudo pelo elevadíssimo potencial produtivo dessa poaceae (Ruiz et al., 1992; Gomide, 1994; Passos, 1994; Silva et al., 1995; Matos, 1997; Rodrigues et al., 2000), a possibilidade de retorno rápido sobre o investimento em seu cultivo, sua imensa diversidade genética (Botrel et al., 2000; Daher et al., 2000), além da opção de liberar o eucalipto (atual fonte na produção do carvão vegetal) para atividades mais nobres como a produção de madeira (Mazzarella, 2000; Campanili, 2002).

Produzir carvão a partir do capim-elefante, para substituir o coque mineral ou o carvão vegetal tradicional, feito da madeira, ainda exigirá muita pesquisa. Mas a pressão ambiental e a ameaça de déficit energético no Brasil podem reduzir o tempo de seu desenvolvimento, estimulando investimentos de grandes empresas siderúrgicas e energéticas. A demanda potencial para essa alternativa de energia é imensa, segundo Mazzarella, que apontou cinco grandes mercados. Além da siderurgia interessada em um novo carvão vegetal que não cause desmatamento, estão os grupos de grandes consumidores de energia, como as indústrias de alumínio, química e de cimento, além das distribuidoras de eletricidade (Osava, 2007).

Cultivares melhoradas poderão constituir-se em uma das mais importantes demandas dos produtores da região Sul capixaba, tornando-se intensa a procura de variedades para produção de biomassa adaptadas aos diferentes ecossistemas e às condições edafoclimáticas. A sua inserção como fonte de energia renovável, do ponto de vista socioeconômico e ambiental, contribuirá significativamente no agronegócio diminuindo os impactos ambientais provocados pelo uso predatório de florestas nativas, que tem causado danos ambientais, tais como acelerado assoreamento e conseqüente morte de diversos rios, uma vez que as derrubadas de árvores e queima dos combustíveis fósseis

têm sido a fonte de energia no fornecimento de calor utilizada em cerâmicas, olarias ou caldeiras nesta região.

A produção nacional de nitrogenados é insuficiente para atender à demanda interna, sendo suprida por importações, respondendo por cerca de 60% do consumo nacional, pois tem forte dependência externa importando considerável parte dos fertilizantes (NPK) dos EUA (nitrogenados), da Rússia (nitrogenados e potássicos) e do Canadá (fosfatados e potássicos). E tem níveis desprezíveis para exportação de fertilizantes nitrogenados. Essa dependência em relação à agricultura indica a volatilidade da demanda desses fertilizantes no Brasil, pois as commodities agrícolas vêm sofrendo variações bruscas nos seus preços internacionais, além de ter a rentabilidade reduzida pela valorização cambial (Dias e Fernandes, 2006). Segundo dados da Associação Nacional para difusão de adubos (Anda), a importação desses insumos respondeu por quase 25% do déficit de UU\$ 8 bilhões na balança comercial de produtos químicos em 2005.

Segundo Alves (2013), a volatilidade do dólar, afetou várias culturas no Brasil, em virtude da moeda americana ter obtido ganhos de 9%, no acumulado do ano. Segundo especialistas, o momento não é favorável para o Brasil. A instabilidade do dólar provoca uma inflação que prejudica principalmente quem importa os insumos encarecendo a produção, impossibilitando a aquisição de lucro satisfatório na atividade agrícola pelo produtor.

No entanto, para que haja equilíbrio em uma atividade agrícola é imprescindível uma análise econômica, buscando formas de minimizar os custos e maximizar o lucro. Portanto, a pesquisa teve como objetivo geral avaliar os efeitos de diferentes doses de adubação fosfatada e nitrogenada nas cultivares Guaçu/IZ.2 (G1), Cameroon-Piracicaba (G2) e Cana D'África (G3) na produção de biomassa destinada ao fornecimento de energia, avaliando as características morfoagronômicas: produção de matéria seca da planta integral (PMS), percentagem de matéria seca da planta integral (%MS), altura média das plantas (ALT), número de perfilhos por metro linear (NPPM), diâmetro médio do colmo na base da planta (DC) e largura da lâmina foliar (LL), verificando a interação genótipos x tratamentos (por corte), usando o teste F e Tukey a 5%, com a existência significativa dos fatores, utilizou-se modelos de regressão para estimar

modelos de equações na obtenção do máximo físico, sob os diferentes níveis de adubação fosfatada e nitrogenada para cada genótipo, identificando os níveis ótimos de adubação nitrogenada e fosfatada que propiciaram a máxima produtividade física e econômica dessas cultivares no Sul do Estado do Espírito Santo, por meio dos custos de produção da biomassa do capim-elefante, baseando em coeficientes técnicos na utilização destes insumos para estimar os níveis ótimos econômicos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Descrição Geral do Capim-Elefante

Pennisetum L. Rich é um gênero pertencente à tribo Paniceae, que engloba outros gêneros de grande importância forrageira, tais como *Panicum*, *Melinis*, *Acroceras*, *Setaria*, *Brachiaria*, e *Axonopus*. *Pennisetum purpureum* Schumach pertence à seção *Pennisetum* daquele gênero (previamente tratada como seção *Penicillaria*), a qual engloba duas espécies reprodutivas isoladas: *P. purpureum* Schumach e *P. americanum* (L.) Leeke (Carvalho et al., 1997).

É uma planta perene, cespitosa e rizomatosa, que forma touceiras com vários perfilhos. Os colmos são cilíndricos, cheios, medulosos, com nós pronunciados, atingindo altura de até 6,0 metros (Nascimento Júnior; Smith et al., apud Xavier et al., 1995). As folhas são invaginantes, alternas, que podem atingir mais de 1 metro de comprimento e com nervura central canaliculada; inflorescência em ráceros espiciformes, cilindro-oblongo, espiguetas com 1-3 flores, com apenas uma flor hermafrodita; o fruto é uma cariopse oblonga (Correa, 1926; Bogdan, 1977; Carvalho apud Xavier et al., 1995).

O gênero *Pennisetum* é constituído por mais de 140 espécies que se encontram amplamente distribuídas por todas as regiões do planeta. As principais espécies deste gênero têm seus centros de origem e sua diversidade na África e na Índia. A relativa facilidade que muitas espécies apresentam para troca de

genes 12 entre si tem sido intensamente aproveitada pelos melhoristas de capim-elefante (citado por Pereira, 1992).

A espécie *P. purpureum* apresenta como características gerais plantas vigorosas, de porte cespitoso, perene, folhas largas e compridas e porte elevado. É um tetraploide, com $2n = 28$ (Brunken, 1997), embora Bogdan (1977) considere esse número $2n = 28$ como diploide, e o número $2n = 56$ como tetraploide. Manara e Blumenschein (1973), no entanto, confirmam o número básico (x) como 7 e a origem aloploide da espécie. Alcântara et al. (1980), relatam $2n = 21$ para a cultivar Bajra NB 21, que é, na verdade, um cruzamento entre *P. purpureum* e *P. americanum* (Tcacenco e Botrel, 1997).

No Brasil, a literatura mostra que a maioria das informações sobre potencial agrônomo do capim-elefante refere-se às cultivares Mineiro, Napier, Taiwan, Porto Rico, Cameroon, Vruckwona, Merker, Turrialba e Merkeron, muito embora também existam informações sobre, pelo menos, trinta outras prováveis cultivares (Tcacenco e Botrel, 1997).

As variedades são classificadas dentro de grupos que se diferenciam por algumas características morfológicas e importância agrônoma. São eles: Grupo Cameroon, Napier, Merker, Anão, e Híbridos interespecíficos (Pereira, 1992). O grupo Cameroon é composto por plantas que apresentam touceiras densas, porte ereto, colmos grossos, predominância de perfilhos basais, folhas largas, florescimento tardio (maio-julho) ou sem florescimento. Exemplos: Cameroon-Piracicaba, Vruckwona, Capim Cana D'África, IAC-Campinas e Guaçu/IZ.2 (Carnevali, 1999). O florescimento tardio é mais desejável para a produção do capim-elefante tanto sob corte como para pastejo, visto que a partir do momento em que o processo de floração é iniciado, os meristemas apicais cessam a produção de novas folhas para, a partir daí ocorrer a diferenciação e formação da inflorescência, tendo com isso uma interrupção na produção de folhas e de biomassa (Mello et al., 2002).

2.2 A Cultura do Capim-Elefante

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), descoberto no início do século XX pelo Coronel Napier (Bennet, 1976), é nativo de regiões da África Tropical. Essa poaceae é também conhecida como capim napier, cameroon e

capim-cana, que, na verdade são designações de cultivares (Carvalho, 1985). Sua introdução no Brasil aconteceu por volta de 1920, através de mudas oriundas de Cuba, hoje é uma das forrageiras mais difundidas em todo o país.

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* K. Schumach.) ("Napier grass") é um vegetal que se mostrou com alto potencial produtivo podendo ser usado como forragem picada verde ou conservada, segundo Jacques (1990) o que conseqüentemente, dado seu alto teor de fibra, deverá também se apresentar com boas perspectivas como potencial energético.

O capim-elefante é uma monocotiledônea e como tal, apresenta o colmo como uma parte fibrosa, mais dura, que forma a casca e uma medula com feixes vasculares. Sua estrutura morfológica é bastante semelhante à do bagaço de cana-de-açúcar, o qual apresenta a seguinte composição: 65% de fibras e 35% de material não fibroso (Azevedo, 2003). Para Moraes (1995), ele apresenta grande capacidade de produção em condições de boa fertilidade e doses altas de matéria orgânica, chegando em torno de 50 toneladas por ha/ano, em condições de boas precipitações ou irrigação. Devido a esse alto potencial de produção de matéria seca, alguns estudos demonstram significativas respostas a adubação nitrogenada da ordem de 1.800 kg ha⁻¹ano⁻¹ de nitrogênio. Todavia, as doses mais eficientes estão próximas de 450 kg ha⁻¹ano⁻¹ (Corsi, 1972). A resposta de poaceas forrageiras a altas doses de nitrogênio tem sido relatada por vários pesquisadores (Vicente-Chandler, 1959; Werner, 1967; Corsi, 1986). Resposta até 1.800 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N foi relatada por Vicente-Chandler (1959) e os maiores incrementos de produção ocorreram, de modo geral, na faixa de 300 a 400 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N (Olsen, 1972; Rodrigues, 1959; Werner et al., 1967; Gomes et al., 1987).

O cultivo desta espécie há vários anos é feito por meio de propagação vegetativa através de pedaços de colmo (Otero, 1961). Desta forma, fica preservada a identidade das cultivares a cada geração, garantindo, frequentemente, uma população uniforme de plantas (Daher, 2003).

É uma das poaceas mais exigentes em fertilidade do solo (Nascimento Júnior, 1981), não se adaptando bem a locais expostos à inundação ou a grandes períodos de encharcamento (Havard-Duclos, 1969; Bogdan, 1977).

Segundo Morais (2008), o efeito da adubação nitrogenada em capim-elefante é diversificado e tem mostrado efeitos pronunciados na produção de

matéria seca e proteína bruta. Entretanto, para que esses efeitos se evidenciem, há necessidade de que fatores relativos ao clima, ao solo, à vegetação e outros, não sejam limitantes ao crescimento da planta. Quando os fatores citados não são limitantes, pode-se afirmar que a produtividade do capim-elefante é controlada pelo fornecimento de nitrogênio (Monteiro et al., 1994). A necessidade desse nutriente é maior após o desenvolvimento inicial da poaceae, passando a contribuir expressivamente para a produção de massa seca e a concentração de nitrogênio (Monteiro e Werner, 1977).

2.3 Características do Capim-Elefante como Fonte de Energia

Pesquisadores do IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas) e da Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) examinam as particularidades do capim-elefante há mais de 15 anos. O potencial energético da planta impressionou os estudiosos. Além de crescer muito rapidamente, o capim-elefante tolera solos mais pobres em nutrientes do que espécies já usadas como fontes de energia, como o bagaço da cana-de-açúcar e o eucalipto, e gera uma quantidade maior de biomassa, o material que se transforma em energia.

Segundo Mazzarella (2010), cada hectare plantado com a poaceae gera, em média 40 toneladas de biomassa seca que pode ser usada para fins energéticos. Na comparação com o bagaço da cana-de-açúcar e com o eucalipto, o capim-elefante se mostra mais produtivo, pois no bagaço da cana-de-açúcar, esse número cai para 20 e no eucalipto para 15 toneladas de biomassa de massa seca na mesma área plantada. 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.

Há até pouco tempo, o capim-elefante, servia apenas para a alimentação do gado. Seu potencial de produção de energia, duas vezes superior ao proveniente do bagaço da cana-de-açúcar era ignorado. Não é mais, pois, além de todas as vantagens e do inquestionável potencial do capim-elefante, afirmado por Carlos Eduardo Taparelli, CEO da Sykué Bionergy que atualmente é a primeira usina termelétrica do Brasil a produzir eletricidade a partir da queima do capim-elefante.

Neste sentido, é de suma importância fazer avaliações das características morfoagronômicas, pois trazem informações que podem influenciar nas tomadas de decisões quanto à utilização para combustão direta do capim-elefante. Características como altura do dossel, diâmetro de colmo, comprimento e largura da folha, número de folhas e de perfilhos, área foliar e relação folha/colmo, pois através delas e dentre outras, determina-se a qualidade do material.

A altura das plantas de capim-elefante é uma variável importante, segundo Xia et al. (2010) ela é positivamente correlacionada com a produção de matéria seca. 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; Mota et al., 2011). É uma característica estrutural influenciada pela disponibilidade de nutrientes, notadamente o N (Chapman e Lemaire, 1993), pois auxilia a formação de folhas além de favorecer o rápido crescimento das plantas. Vale ressaltar, que o aumento nas doses de N aplicado sem um adequado manejo no pastejo, pode levar a um aumento na senescência e ao acúmulo de material morto na pastagem.

Vitor (2006) observou que a altura média alcançada durante o período chuvoso (1,46 m) foi bem superior à altura média alcançada durante o período seco, utilizando doses crescentes de N (100, 300, 500 e 700 kg ha⁻¹ de N), mostrando que se existirem outros fatores limitantes ao crescimento do capim-elefante, mesmo com altas doses de fertilizantes não se consegue obter bons resultados em quantidade igual ao período sem adversidade climática.

Veiga (1997) relatou que o número de perfilhos de uma cultivar de capim-elefante tendeu a aumentar com intervalos de corte mais prolongados. Isso ocorre porque com o avançar da idade ocorre a maturidade fisiológica das plantas, verificando-se aumento na espessura das paredes das células vegetais, e conseqüentemente um aumento no diâmetro do colmo, que proporciona às plantas a estabilidade estrutural (Van Soest, 1994). A emissão de perfilhos basais está diretamente associada ao nível de biomassa, e sob intervalo de corte de 90 dias, a maior produtividade coincide com os maiores valores do número de perfilhos por área e da altura da planta (Ferraris, 1979). Menores espaçamentos tendem a promover a altura dos perfilhos sem, no entanto, aumentar seu número por planta (Bhatti et al., 1985).

É válido salientar que elevado número de perfilhos nem sempre é traduzido em alta produtividade. Xia et al. (2010) realizaram análise de agrupamento envolvendo 17 genótipos de capim-elefante e um híbrido com milheto e concluíram que o grupo com maior produtividade apresentava poucos perfilhos por planta. Contudo, Daher et al. (2004) concluíram que esta variável foi capaz de explicar melhor o potencial de produção de matéria seca atuando de forma direta na variável básica.

Pesquisas vêm sendo realizadas com o capim-elefante na obtenção de cultivares que possuem alto potencial produtivo para o fornecimento de bioenergia. Atualmente existe cultivares que se encaixam no perfil para a produção de biomassa energética, e estudos com estas estão sendo realizados a fim de se obter elevados padrões para a produção de energia alternativa.

2.3.1 Cultivar Cameroon

A introdução da cultivar Cameroon no Brasil ocorreu na década de 60 (Faria et al., 1970) e só recentemente seu uso nas fazendas para alimentação de ruminantes tem sido bastante disseminado. Os estudos de adaptação, envolvendo o genótipo Cameroon em diversas regiões do Brasil, são relativamente escassos, e os resultados disponíveis desses estudos, principalmente na região Sudeste, nem sempre justificam sua rápida disseminação entre produtores (Morais, 2008).

Pesquisas voltadas à pecuária, conduzidas na região Sudeste por Alcântara et al. (1980); Gonzalez (1980) e Mozzer (1986) identificaram outras cultivares com melhor desempenho forrageiro, principalmente no que diz respeito à produção de forragem. Porém, em outras regiões do país, apesar das poucas informações disponíveis, os trabalhos comparando cultivares de capim elefante, conduzidos na região nordeste (Santana et al., 1989) e na região sul (Vatterle e Salerno, 1983) evidenciam o potencial dessa cultivar. Quesada (2005) avaliou a adaptação deste genótipo para uso energético em diferentes condições edafoclimáticas do país, e este genótipo se apresentou como um dos mais promissores para uso como fonte de energia alternativa.

Essa cultivar apresenta touceiras com formato ereto e 3 m de altura. Média de 2,40 raízes aéreas/colmo, colmos com 16,60 entrenós de 2 cm de

diâmetro e 8,90 cm de comprimento, lâminas com 4,50 cm na base e 5,60 cm no meio, além de 1,5 m de comprimento, pelos distribuídos na face superior. Floresce raramente. Em um corte, cada touceira produziu 0,81kg de matéria seca com 1,90% de nitrogênio. A percentagem de matéria seca é de 20,80% (Xavier et al., 1995).

2.3.2 Cultivar Cana D'África

O capim Cana D'África possui touceiras com formato ereto e 3,30 m de altura, média de 1,30 raízes aéreas/colmo, colmos com 19,10 cm entrenós de 2,10 cm de diâmetro e 10,80 cm de comprimento, lâminas com 4,50 cm na base e 5,90 cm no meio, além de 1,4 m de comprimento, pelos distribuídos somente na face superior, formando camada felpuda. Floresce raramente (Xavier et al., 1995).

Segundo os pesquisadores do capim-elefante Cana D'África, a produção de matéria seca desta cultivar foi de 36,17 t ha⁻¹ em um ciclo de 10 meses (Rossi, 2010), e a produção anual obtida por Oliveira (2013) de 31,00 t ha⁻¹, utilizando dose inferior de adubação nitrogenada, em experimento no Centro Estadual de Pesquisas em Agroenergia e Aproveitamento de Resíduos, no Município de Campos dos Goytacazes, Norte do Estado do Rio de Janeiro.

2.3.3 Cultivar Guaçu

O capim-elefante Guaçu foi introduzido no Brasil em 1978, trazido da Venezuela por pesquisadores do Instituto de Zootecnia (APTA). O referido capim é nativo da África e produz de 25 a 79 toneladas de MS ha⁻¹ anualmente, dependendo da adubação, da frequência de corte e demais condutas de manejo (Pereira, 1994).

Segundo Andrade et al. (2000), este capim apresentou aumento nos teores de matéria seca em função do aumento das doses de nitrogênio aplicadas e da diminuição da frequência de corte, mostrando ser um material potencial para a produção de biomassa. Essa cultivar apresenta touceiras com formato semierete 3,50 m de altura, média de 1 raiz aérea/colmo, colmos com 19,30

entrenós de 2,00 cm de diâmetro e 11,10 cm de comprimento, lâminas com 4,15 cm na base e 5,90 cm no meio, além de 1,4 m de comprimento, pelos distribuídos na face superior, florescimento tardio, inflorescências com 25,00 cm de comprimento e poder germinativo de 28,00% (Xavier et al., 1995).

Experimentos conduzidos em Nova Odessa e Brotas-SP, o capim Guaçu apresentou elevada produção de biomassa com potencial de utilização para produção de carvão. Os melhores resultados foram observados quando se realizaram dois cortes/ano, sendo o primeiro cerca de 150 dias a partir do início do período de primavera e, o segundo, cerca de 200 dias após o primeiro corte (Andrade et al., 2000).

Segundo Lima et al. (2006), a produção de matéria seca do capim-elefante, cultivar Guaçu, aumenta à medida que aumenta a adubação nitrogenada, e frequência de corte, com menor número de corte no ano. E Andrade et al. (2000), as produções de matéria seca da cultivar 'Guaçu' em função de 3 frequências de corte foram avaliadas podendo concluir que, com menor número de cortes ao ano a produção de matéria seca aumenta.

2.4 Função do Fósforo e Nitrogênio para o Capim-Elefante

O fósforo (P) constitui cerca de 0,12% da crosta terrestre, e as maiores reservas de (P) encontram-se em sedimentos marinhos, solos, fosfatos inorgânicos dissolvidos nos oceanos e rochas com minerais, como a apatita (Stevenson e Cole, 1999). O teor total de fósforo nos solos está em torno de 0,2 e 5,0 g kg⁻¹, mas apenas uma pequena fração está em formas disponíveis para as plantas, que preferencialmente é absorvido como H₂PO₄⁻ (Araújo e Machado, 2006).

O fósforo (P) participa de um grande número de processos metabólicos em plantas, como a transferência de energia, síntese de ácidos nucleicos, glicose, respiração, síntese e estabilidade de membrana, ativação e desativação de enzimas, reações redox, metabolismo de carboidratos e fixação de nitrogênio (Vance et al., 2003). A importância do fósforo para o crescimento da planta está associada ao papel da síntese de proteínas, por constituir nucleoproteínas necessárias à divisão celular, atuando no processo de absorção iônica (Malavolta,

2006). Ele ocorre nas plantas em quantidades menores do que o nitrogênio, o potássio e o cálcio, e desempenha papel fundamental no armazenamento e na transferência de energia pelas plantas, na atividade de membranas e na transmissão de caracteres hereditários (Malavolta et al., 1986), além de ser constituinte de uma série de compostos vitais ao metabolismo de vegetais. É um elemento móvel nos tecidos das plantas, sendo parte essencial de diversos açúcares envolvidos na fotossíntese, respiração, fixação biológica de nitrogênio e outros processos metabólicos, além de fazer parte de nucleotídeos e de fosfolipídios presentes nas membranas. Desempenha papel importante no metabolismo energético, devido à sua presença em ATP, ADP, AMP e pirofosfato.

O capim-elefante é uma das poaceas mais exigentes em fertilidade do solo (Nascimento Júnior, 1981). Apesar da reconhecida importância da adubação fosfatada por ocasião do estabelecimento da pastagem, são escassos os trabalhos na literatura que evidenciam seu efeito residual sobre as produções dos anos subsequentes. Portanto, é fundamental o desenvolvimento de trabalhos visando à determinação dos níveis críticos de fósforo no solo para manutenção da produtividade desejada ao longo dos anos, garantindo maior longevidade da pastagem (Moreira, 2006).

Outro elemento essencial é o nitrogênio na produtividade das poaceas forrageiras, pois é responsável por características como o tamanho das folhas e dos colmos e o aparecimento e desenvolvimento dos perfilhos, fatores diretamente relacionados à produção de massa seca da planta forrageira (Werner, 1986). É um nutriente que influencia os processos envolvidos no crescimento e desenvolvimento das plantas, alterando a relação fonte-dreno e, conseqüentemente, a distribuição de assimilados entre órgãos vegetativos e reprodutivos (Porto et al., 2012).

A disponibilidade de nitrogênio é um dos fatores que controlam os processos de crescimento e desenvolvimento da planta, representado, sobretudo pela maior rapidez de formação das gemas axilares e de iniciação dos perfilhos correspondentes, no entanto, esta iniciação só se manifesta enquanto o índice de área foliar não passa de um valor crítico, alterando a quantidade de luz que chega às gemas mais tardias (Nabinger e Medeiros, 1995).

Plantas forrageiras tropicais respondem a altas doses de 500 a 800 kg ha⁻¹ de N (Oliveira et al., 2003; Mistura et al., 2007). Na Costa Rica, Vicente-

Chandler et al. (1959) estabeleceram produção de 84.800 $\text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ de MS, sob elevada fertilização nitrogenada, e com precipitações anuais de 2.000 mm, com respostas positivas à aplicação até 1.800 $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ de N.

Segundo Lira et al. (1996), a produção de MS obtida em experimento conduzido no (IPA), Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária, localizada em Itambé-PE com capim-elefante, em três níveis de adubação avaliados, o tratamento de 60,0 kg ha^{-1} de N corte⁻¹ e de 120,0 kg ha^{-1} de P_2O_5 a cada três cortes, além de 30,0 kg ha^{-1} de K_2O por corte que foi utilizado em todos os tratamentos, foi o que mostrou o melhor retorno econômico, chegando a produzir em média, 144% mais, se comparado com a testemunha. Se se tomar a produção adicional do referido tratamento e dividi-la pela adubação nitrogenada utilizada (60,0 kg ha^{-1} de N corte⁻¹), ter-se-ão aproximadamente 76,17 kg de MS adicional produzido por cada kg de N aplicado.

2.5 Produção de Biomassa: fonte de energia alternativa

O uso da madeira com fins energéticos começou a apresentar dificuldades no final dos anos 80, seja pelos impactos ambientais, seja 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 capim-elefante chega a atingir 6 metros de altura. Em virtude desse crescimento rápido em um curto período de tempo leva vantagem não só sobre o bagaço da cana-de-acúcar como também sobre o eucalipto na produção de energia. Com a mesma quantidade de capim-elefante, obtém-se 84% mais eletricidade do que com a cana e 37% mais do que com o eucalipto (Vargas, 2010).

A energia da biomassa nada mais é do que a energia solar armazenada através do metabolismo da planta pela fotossíntese (IPT, 1992). Isto significa que quanto maior for o crescimento da massa vegetal em um período curto de tempo, mais eficiente será o aproveitamento da energia solar pela planta. Nesse sentido,

as poaceas apresentam crescimento mais acelerado que outras fontes vegetais, como o eucalipto.

Flores (2009) avaliando a produtividade de *P. purpureum* para fins energéticos no Cerrado em Gurupi (TO), concluiu que o corte realizado aos 180 dias após o plantio foi o mais indicado para alta produção de capim-elefante, uma vez que proporcionou maior acúmulo de biomassa com características desejáveis para o uso com finalidade energética.

Em geral, o aumento do intervalo de corte resulta em incremento na produção de massa seca (Queiroz Filho et al., 2000). Estes autores avaliando a produtividade e a qualidade do capim-elefante cultivar roxo em diferentes idades de corte (40, 60, 80 e 100 dias) verificaram que a produção de MS foi diretamente proporcional ao número de dias e que a porcentagem de folhas diminuiu e a de colmos aumentou com o aumento do intervalo entre cortes.

Na produção de matéria seca total ($t\ ha^{-1}$), de cinco genótipos de capim-elefante sob duas doses de N fertilizantes (0 e $50\ Kg\ ha^{-1}$ de N), não foi verificado efeito significativo da aplicação da dose de $50\ kg\ de\ N\ ha^{-1}$ nos três ciclos em estudo, pelo teste de Tukey. Entre os genótipos, no 1º e 3º ciclos, não foi observada diferença estatística significativa e os maiores valores foram observados com os genótipos CNPGL F 79-2 e CNPGL F 06-3. No 2º ciclo os genótipos que mais se destacaram foram Cameroon e CNPGL F06-3 seguidos pelo Gramafante. No total de 18 meses de cultivo, a produtividade de biomassa de todos os genótipos esteve próxima de $45\ t\ ha^{-1}$, com exceção do genótipo Gramafante que produziu $39,52\ t\ ha^{-1}$, no experimento instalado 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 (Morais et al., 2009).

Segundo Barbé (2012), os resultados obtidos referentes ao 4º e 5º ciclos de produção (20 e 24 semanas de idade), usando uma adubação com $20\ kg\ ha^{-1}$ de superfosfato simples e 60 dias após uma adubação de cobertura com $3\ kg\ ha^{-1}$ de sulfato de amônio e $1\ kg\ ha^{-1}$ de cloreto de potássio, indicaram que as cultivares, Mole de Volta Grande e Mercker 86-México apresentaram melhor resposta para a produção de biomassa energética de capim-elefante (PMS), com médias de $23,62$ e $28,87\ t\ ha^{-1}$, e as cultivares que mais se destacaram durante o período de avaliação nos cinco ciclos de produção foram as cultivares King Grass,

Mole de Volta Grande e Mercker 86 – México. E as cultivares, Mole de Volta Grande e King Grass, podem ser indicadas para programas de melhoramento genético do capim-elefante pra produção de biomassa energética.

A Embrapa Agrobiologia vem desenvolvendo estudos com a cultura para identificar cultivares capazes de acumular níveis satisfatórios de biomassa em solos pobres em Nitrogênio. Nestes estudos, mostrou-se que algumas cultivares recebem contribuições significativas da fixação biológica de nitrogênio, o que aparentemente lhes garante a condição para produzir mais de $30 \text{ t ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ de colmos secos, com mínima aplicação de outras fontes de nutrientes. A qualidade do material produzido tem sido considerada ideal para produção de carvão. Por ser uma espécie de rápido crescimento, a biomassa de capim-elefante apresenta alto potencial para uso não apenas na alimentação de animais (Andrade et al., 2005), mas também como fonte de energia alternativa (Morais et al., 2009).

Nesse sentido, a pesquisa busca o capim-elefante menos nutritivo possível, o oposto do que se fez tradicionalmente com a intenção de alimentar gado. Isto se deve ao fato de que a presença de sais minerais gera cinzas que podem danificar os fornos (Rocha et al., 2009). E Flores (2009), verificou altos teores de cinzas para capim-elefante, sugerindo que tal característica pode tornar inviável com fins energéticos, dependendo da tecnologia empregada para a geração de energia.

Um novo rumo deve ser dado em relação às características que se deseja obter da planta para fins energéticos (Samson et al., 2005). Não mais interessa uma planta rica em proteína para a alimentação de bovinos, e sim a planta ideal para esta finalidade deve ser rica em fibras e lignina, de alta relação C:N, aliada à alta produção de biomassa associada à fixação biológica de nitrogênio (FBN), para que o produto que se queira produzir deste material seja de boa qualidade e com mínimo consumo de energia fóssil (Samson et al., 2005).

Segundo Mazzarella (2007), as vantagens comparativas do capim-elefante para produção de biomassa em relação às demais fontes são: maior produtividade, de $45 \text{ t ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ de matéria seca, menor extensão de áreas para uma dada produção, menor ciclo produtivo (dois cortes por ano), melhor fluxo de caixa, possibilidade de mecanização total, energia renovável e maior assimilação de carbono. Por não estar presente na dieta humana e ser totalmente utilizável, o capim-elefante acaba estando à frente de outras poaceas utilizadas como fonte

energética, principalmente em comparação ao bagaço da cana-de-açúcar. Além de ser utilizada para produção açucareira, a cana possui produtividade máxima de $40 \text{ t ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ de MS e gera o bagaço da cana-de-açúcar como resíduo.

Tendo em vista a grande demanda em busca de fontes alternativas de energia, o interesse da comunidade científica tem se voltado por fontes de energias renováveis ou de menor impacto ao ambiente. Entretanto, a produção de energia de modo alternativo, através de biomassa vegetal, representa hoje um grande desafio para a ciência. Os combustíveis fósseis e seus derivados ocasionam consequências desastrosas para o planeta, pois são fontes finitas de energia, e além do mais, aceleram o efeito estufa, o que tem ameaçado o equilíbrio climático do planeta.

Na busca de soluções para minimizar esses problemas que causam danos ambientais, a cerâmica União é pioneira na utilização da biomassa de capim-elefante como fonte de energia na Região Norte Fluminense, localizada em um parque cerâmico formado por 110 indústrias cerâmicas da Baixada Campista, é uma das maiores do Estado e já experimentou e aprovou a biomassa vegetal e quer substituir a lenha de eucalipto. O projeto está em andamento desde 2007 por pesquisas próprias e com apoio da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e do Instituto de Pesquisas Agropecuárias (IPT) da Universidade de São Paulo (USP). Atualmente são 45 hectares de capim-elefante plantados em área próxima à cerâmica que garantem autossuficiência para a sua produção e economia de 80%. A técnica utilizada pela cerâmica é a secagem natural da planta inteira até alcançar cerca de 25% de umidade e seguir à queima (Delfino, 2009). O consumo mensal médio de madeira de eucalipto é cerca de 900 m^3 , e devido à escassez deste recurso na região, as cerâmicas o buscam em municípios vizinhos do Sul do Espírito Santo. Isso representa hoje a saída de aproximadamente dois milhões de reais por mês da Baixada Campista para municípios capixabas (Rossi, 2010).

A Embrapa Gado de Leite, sediada em Juiz de Fora, MG, dispõe de um banco ativo de germoplasma com mais de 120 acessos de capim-elefante (BAG-CE), sendo observado uma ampla variabilidade genética na espécie (Daher et al., 2003; 2002 e 1997 a, b; Lowe et al. 1996; Xavier et al. 1995; Tcacenco e Botrel, 1994; Pereira, 1992), fato que faz pressupor a existência de uma excelente oportunidade de sucesso em um programa de avaliação, dado que estas

informações podem auxiliar na escolha dos materiais a serem selecionados e/ou combinados de modo que as cultivares a serem desenvolvidas apresentem elevado potencial para produção de biomassa. Os híbridos têm sido obtidos com grande êxito e encontram-se em fase de avaliação em diversos Estados. Entretanto, os clones avaliados apresentam potencial comprovado apenas para a utilização na pecuária de leite e de corte, de modo que, encontra-se completamente desconhecido seu potencial exclusivo para produção de biomassa.

Diante do exposto, com a inserção da cultura do capim-elefante como fonte de energia renovável, contribuirá significativamente na diminuição dos impactos ambientais, no que se refere ao sequestro de carbono, uma vez que o desmatamento e a queima dos combustíveis fósseis têm aumentado muito no planeta.

Nesse sentido é necessário buscar formas de minimizar os custos financeiros diante da utilização de energia para aquecimento de fornos de cerâmicas, de caldeiras e destilarias.

2.6 Função de Produção

O emprego das funções de produção na análise dos resultados de experiências agrícolas é bastante difundido (Frizzone et al., 1995; Bertonha et al., 1999; Pereira et al., 2003; Frizzone e Andrade Júnior, 2005), e na análise da resposta da produtividade aos fatores agrícolas, pois permite encontrar soluções úteis na otimização do uso dos fertilizantes na agricultura ou na previsão de rendimento das culturas (Frizzone, 1986). Diante do atual estágio de desenvolvimento da produção de biomassa do capim elefante para fins energéticos ainda ser pouco comercializado no mercado, existem inúmeros aspectos econômicos a serem investigados. Ao avaliar por meio da relação de troca o comportamento da rentabilidade da produção de arroz, milho, café e soja no Brasil, Ponciano et al. (2007) constaram que a relação de troca foi desfavorável para os produtores desses grãos, uma vez que o efeito preço relativo sobrepôs-se ao efeito compensação da produtividade.

A viabilidade de um sistema de produção baseia-se, cada vez mais, na otimização dos processos de produção e, nesse sentido, apenas a seleção de

genótipos de capim-elefante e a obtenção de híbridos mais adaptados às condições edafoclimáticas da região não determinam o sucesso da cultura para a produção de biomassa, mas aliado a fatores como fertilidade, condições fitossanitárias adequadas e outros, e para a obtenção do retorno econômico da atividade é necessário fazer acompanhamento dos custos para verificar a viabilidade do investimento.

Segundo Lyra (2007), os custos de produção, tradicionalmente, têm sido importantes na administração rural e nos trabalhos de extensão, uma vez que refletem a eficiência na produção. Hoje o custo de produção tornou-se fator primordial no processo de decisão econômica, pois são essenciais para as questões de planejamento. O conhecimento dos custos de produção para o produtor pode dar indicações objetivas para tomada de decisão com relação a sua política de produção, principalmente em termos de fixação de cotas de produção e preço do produto.

A premissa básica para a gestão estratégica de custos de produção é que não é possível gerenciar o lucro se não for possível avaliar o custo (Bullio, 2001). Compreender a tendência dos custos de produção significa compreender a complexa interação do conjunto mão de obra, terra, administração e tecnologia. Esse entendimento ocasionará um planejamento mais eficiente, resultando em maior lucro para o produtor.

De acordo com (Lyra et al., 2008), o uso da função de produção na análise e discussão da resposta da produtividade aos fatores agrícolas, pois possibilita determinar os níveis economicamente ótimos dos fatores envolvidos no processo produtivo é um dos principais pontos de aplicação em experimentos agrícolas. A função de produção expressa a relação entre a produção de um bem e os insumos ou fatores de produção necessários. Nas pesquisas agrícolas, o maior problema encontrado é identificar a função matemática adequada para descrever as relações básicas de insumo-produto.

Segundo Thompson (1976), existem dois procedimentos básicos para estimar a função de produção mais adequada:

- O delineamento de experimentos controlados, por meio dos quais se derivam as relações desejadas;

- Coleta de observações sobre experimentos controlados, de maneira a permitir estimativa das relações desejadas. Mediante a técnica estatística de regressão múltipla ajusta-se uma função de produção.

Ainda de acordo com Thompson (1976), em 1909 Mitscherlich em seu estudo trata a função de produção de uma forma mais complexa, em que permite a substituição entre nutrientes. Neste caso, a taxa de substituição é uma função do nível de rendimento, sendo as respostas a doses sucessivas de nutrientes cada vez menores, o que permitiu a determinação da quantidade ótima de fertilizante a ser adotada. A função de Mitscherlich foi a primeira função de produção a permitir retornos decrescentes a um fator variável.

Verifica-se que a parte mais complexa consiste em se expressar uma relação entre produto e fatores de modo suficientemente acurado para possibilitar sua utilização de maneira correta na tomada de decisões econômicas. As funções de produção mais utilizadas são as funções tipo Cobb-Douglas e as funções polinomiais (quadráticas, cúbicas, e outras).

As formas de polinômios mais utilizadas para representar funções de produção são as de segundo grau, em virtude de suas propriedades geométricas permitirem expressar retornos decrescentes no caso de um único insumo variável, e a de terceiro grau. O polinômio de primeiro grau é deficiente, por não possuir ponto de máximo na sua propriedade geométrica e assim não é possível verificar os retornos decrescentes.

Pode-se dizer que os estudos que envolvem funções de produção consistem, basicamente, no ajustamento dos dados disponíveis a formas matemáticas adequadas, mediante equações de regressão, com a finalidade de obter a curva ou superfície total de produção.

Segundo Ponciano et al. (2005), a análise econômica, frequentemente, assume que o empresário opera como se ele tivesse um só objetivo: maximização de lucro. Na verdade, empresários - incluindo empresários rurais - possuem inúmeros objetivos. A importância que um indivíduo dá a um objetivo, comparado com outro, depende da situação financeira atual da pessoa, da necessidade financeira atual e futura e de um conjunto de valores.

Os estudos de custos são importantes para os empresários e médios produtores, a quem cabe as decisões sobre a combinação dos recursos

disponíveis, o que indicou o volume de produção que minimiza os custos, em face do tamanho de suas cotas e da rentabilidade do capital.

Nesse sentido a utilização da função de produção é imprescindível, pois mostra a relação física entre produto e fatores de produção. Segundo Ponciano et al. (2006), a premissa básica é a maximização dos lucros, para tanto deve-se utilizar a análise marginal para determinação do nível de insumo variável que maximiza o lucro. O fator variável deve ser adicionado ao processo produtivo até o ponto onde a mudança na renda, devido ao uso da última unidade de insumo, for maior ou igual à mudança no custo resultante da última unidade empregada desse fator. Dessa forma, um fator variável deve ser empregado até o ponto onde o valor adicional do produto for maior ou igual ao total adicional do custo do insumo.

A utilização de funções de produção permite encontrar soluções úteis na otimização do uso da água e dos fertilizantes na agricultura ou na previsão de rendimento das culturas (Frizzone, 1986).

As etapas de produção agrícola do capim-elefante são as seguintes: formação e manutenção. Em ambas as etapas o item que mais pesa no custo de produção agrícola é a adubação, que por sua vez vai ter reflexos diretos na produtividade agrícola (Azevedo, 2009).

Diante da afirmação de Azevedo (2009), quanto maior for a quantidade de adubo aplicada, maiores são as chances de se obter alta produtividade. Entretanto, altas quantidades de adubo arcam com aumentos significativos dos custos de produção, diante do atual estágio de desenvolvimento da produção de capim-elefante para fins energéticos, ainda existem inúmeros aspectos a serem investigados.

Nesse contexto é necessário o uso da função de produção para análise e discussão dos resultados de experimentação agrícolas. Seu uso está arraigado à determinação dos níveis economicamente ótimos dos fatores envolvidos no processo produtivo, dos quais são os principais pontos de aplicação em experimentos agrícolas. Assim, a função produção indica, em termos quantitativos, o máximo da quantidade do produto que pode ser produzido, baseado em uma determinada quantidade de fatores produtivos, bem como uma determinada tecnologia.

Tal conceito pode ser aplicado a produtos e/ou serviço, a empresas, ao setor de atividades industriais ou mesmo, de uma forma geral, a uma economia. O conhecimento das funções de produção e as superfícies de resposta são os instrumentos ideais de análise, pois permitem determinar as interações entre os fatores e escolher as soluções mais condizentes com a realidade local para o manejo racional da irrigação em bases técnicas e economicamente viáveis (Martins, 1998).

No entanto, diante do atual estágio de desenvolvimento da produção de biomassa do capim elefante para fins energéticos ainda ser pouco comercializado, existem inúmeros aspectos econômicos a serem investigados na obtenção da receita líquida do produto no processo de investimento, pois é necessário saber o preço de comercialização do mesmo no uso da metodologia da função de produção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCANTARA, P. B.; ALCANTARA, V. B. G de; ALMEIDA, J. E. de. **Estudo de vinte e cinco prováveis variedades de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.)**. Boletim da Indústria Animal, Nova Odessa, v. 37, n. 2, p. 279-302, 1980.

ALVES, C. de C. **Variação do dólar encarece insumos agrícolas importados**. Disponível em: <http://agricultura.ruralbr.com.br/noticia/2013/07/variacao-do-dolar-encarece-insumos-agricolas-importados-4186577.html>,. Acessado em 25/07/2013.

ANDRADE, J. B.; JÚNIOR, E. F.; BEISMAN, D. A. et. al. (2000) **Avaliação do capim-elefante (*pennisetum purpureum schum.*) visando o carvoejamento**. In: Encontro de Energia no Meio Rural, n.3, Anais, Campinas, SP.

ANDRADE, J. B.; JÚNIOR, E. F.; BEISMAN, D. A. et. al. (2003) **Avaliação do capim-elefante (*pennisetum purpureum schum.*) visando o carvoejamento¹** **Avaliação do capim-elefante (*pennisetum purpureum schum.*) visando o carvoejamento**. Disponível: www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC000000022000000100029&script=sci_arttext. Acessado em 06 de junho de 2010.

ARAÚJO, A. P.; MACHADO, C. T. de T. (2006). **Nutrição Mineral de Plantas, Viçosa. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2006, p. 253-280.

ARTIGO TÉCNICO - COEFICIENTES TÉCNICOS E CUSTOS DE PRODUÇÃO DO CAFÉ E OUTRAS CULTURAS NA AGRICULTURA DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. Disponível em:

<http://www.revistacafeicultura.com.br/index.php?tipo=ler&mat=25097>, Acessado em: 25/07/2013.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS-ANDA. **Anuário Estatístico do Setor de Fertilizantes**. São Paulo, 2005.

AZEVEDO FILHO, A. J. de. **Análise econômica de projetos: “Software” para situações determinísticas e de risco envolvendo simulação**. Piracicaba, SP, 1988. 127 p. (Dissertação de mestrado).

AZEVEDO, P. B. M. de. (2003). **Aspectos econômicos da produção agrícola do capim elefante**. Disponível: http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC000000022000000100032&script=sci_arttext#figura1. Acessado em 17/06/2010.

BARBÉ, T. da C. **Variação de Caracteres Morfoagronômicos, Fisiológicos e da Qualidade da Biomassa Energética do Capim-elefante (Pennisetum Purpureum Schum.) em Função da Idade da Planta**. 124 f. 2012. Tese (Doutorado em Produção Vegetal)-Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes – RJ, p. 45-53, 2012.

BARROS, E. E. L.; HADDADE, I. R.; SOUZA, P. M. et al. **Leite a Pasto: Viabilidade financeira e variáveis relevantes nos resultados de sistema produtivo na Região do Norte Fluminense**. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40, 2003, Sta. Maria. RS. Anais... Sta. Maria – RS (Sistemas de Produção e Economia - CD-Rom).

BOGDAN, A. V. **Tropical pasture and fodder plants (Grasses and legumes)**. London, Longman, 1977. p. 233-41. (Tropical Agricultural Series).

BOTREL, M. A., PEREIRA, A. V., FREITAS, V. P. **Potencial forrageiro de novos clones de capim-elefante**. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 29, n-2, p. 334-340, 2000.

CAMPANILI, M. **IPT cria energia do capim-elefante**. Folha de São Paulo [online]. 25 out 2002. Disponível: <http://www.cimm.com.br/notícia/cur1184.htm>. [Acessada 26 jun 2005].

CARNEVALLI, R.A.; DA SILVA, S.C.. **Validação de técnicas experimentais para avaliação de características agronômicas e ecológicas de pastagens de *Cynodon dactylon* cv. Coastcross-1**. *Scientia Agricola*, v.56, n.2, p.489-499, abr./jun., 1999.

CARNEVALLI, R.A. **FORAGEIRAS UTILIZADAS PARA BOVINOS LEITEIROS**. Módulo I, p.12. Disponível em: <http://cpamt.sede.embrapa.br/biblioteca/material-de-curso/modulo-1/plantas%20forrageiras%20ii.pdf>, Acessado em 01/07/2013.

CHAPMAN, D. F.; LEMAIRE, G. **Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation**. In: BAKER, M. J. (Ed.) *Grassland for our world*. SIR Publishing Wellington, p.55-64, 1993..

CORSI, M., NUSSIO, L. G. **Manejo do capim-elefante: correção e adubação do solo**. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. (Eds.) *SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DE PASTAGENS*, 10, 1993, Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ, 1993. p. 87-115.

CRUZ, R. S. da, SANTOS, A. C. dos, CASTRO, G.D.C, ALEXANDRINO, E., CARAÇA, D.C., DINIZ, J.P. **Produtividade do Capim-Cameroon estabelecida em duas classes de solos e submetido a doses crescentes de nitrogênio no norte tocantinense**. DOI:10.4025/actascianimsci.v32i4.6209. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAnimSci/article/viewFile/6209/6209>, Acessado em 02/07/2013.

DADALTO, G. G.; BARBOSA, C. A.; BERGOLI, E. **Coefficientes técnicos para o custeio de produtos agrícolas no Estado do Espírito Santo (1ª Aproximação)**. Vitória: SEAG: ES, 1995. 32 p.

DAHER, R. F.; VASQUEZ, H. M.; PEREIRA, A. V. et. al. **Introdução e avaliação de clones de capim-elefante (*P. purpureum* Schum) em Campos dos Goytacazes** – RJ. *Rev. Bras. Zootec*, v. 29, n-5, p.1296-1301, 2000.

DAHER, R. F. **Melhoramento do capim-elefante(*Pennisetum purpureum* Schum.) para produção de biomassa e carvão para o Norte Fluminense).** Núcleo de energias alternativas. Projeto APQ1-UENF, 2006.

DAHER, R. F. (2003) **Cruzamentos dialéticos entre capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) e milho (*Pennisetum glaucum* L.) e suas relações com a divergência genética.** Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro-UENF, 2003, p.4-9; 19-21; 32-64.

DIAS, V. P.; FERNANDES, E. **Fertilizantes: Uma Visão Global Sintética.** BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 24, p. 97-138, set. 2006. Disponível em: http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set2404.pdf. Acessado em 10/11/2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AROPECUÁRIA (EMBRAPA AGROBIOLOGIA). **Energia limpa-Capim elefante pode substituir o carvão mineral.** Disponível: www.cnpab.empraba.br. Acessado em 06/08/2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AROPECUÁRIA (EMBRAPA AGROBIOLOGIA). **Capim elefante: Uma nova fonte alternativa de energia.** Disponível:<http://ambientais.ambientalbrasil.com.br/agropecuário/artigoagropecuário/capim.html>. Acessado em 05/08/2009.

FLORES, R. A. (2009) **Produção de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* schum.) para fins energéticos no cerrado: resposta a adubação nitrogenada e idade de corte.** Tese (Mestrado em Agronomia) -Seropédica -RJ, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro-UFRRJ, 66p.

FLORES, R. A.; URQUIAGA, S. S.; ALVES, B. J. R.; COLLIER, L. S. ; ZANETTI, J. B.; PRADO, R. M. (2012) **Nitrogênio e idade de corte na qualidade da biomassa de capim-elefante para fins agroenergético cultivado em Latossolo.** *Semina: Ciências Agrárias (Online)*, 16:1282-1288.

FRIZZONE, J. A.; ANDRADE JUNIOR, A. S. de; SOUZA, J. L. M. de ZOCOLER, J. L. **Planejamento da irrigação. Análise de decisão de investimento.** 1. Ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 627 p.,2005.

FRIZZONE, J. A.; TEODORO, R. E. F.; PEREIRA A. S.; BOTREL, T. A. **Lâmina de água e doses de nitrogênio na produção de aveia (*Avena sativa* L) para forragem.** Sci.Agric. Piracicaba, v. 52, n.3, p. 578-586, 1995.

GOMES, S. T., MELLO, R. P., MARTINS, P. C. **O custo de produção de leite.** Brasília: SNAB/MA, 1989. 66p.

GOMIDE, J. A. **Manejo de pastagens para a produção de leite.** In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE FORRAGICULTURA, 1994, Maringá. *Anais...* Maringá. p. 141-168.

GONÇALEZ, D. A. **Efeito da maturidade e da rebrotação sobre a produção, composição e valor nutritivo de quatro cultivares de *Pennisetum purpureum*.** 1980. 183p. Tese (Doutorado em Zootecnia). Botucatu: Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, 1980.

GUJARATI, D. **Econometria Básica.** 4ª edição. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

HADDADE, I. R. **Avaliação financeira da produção de biomassa do Capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) destinada ao carvoejamento.** Projeto em parceria com o INCAPER e à Mineradora, Samarco, em complemento ao Programa Integrado de Biomassa (PIB). Vitória – ES, Julho de 2005.

IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO, **Análise de Pré-viabilidade econômica de aproveitamento de gramíneas forrageiras para carvoejamento e extração de proteínas.** Relatório IPT/DEES-APAT nº 30.157/92, São Paulo, maio de 1992.

JACQUES, A. V. A. **Fisiologia do crescimento do capim-elefante.** IN: Carvalho, L. de A. et al. Eds.; Simpósio sobre capim-elefante. ANAIS; Coronel Pacheco, EMBRAPA-CNPGL, 195 p., 1990.

LEITE, C. A. M. **Introdução ao agronegócio**. Viçosa, UFV, 2001, 48 p. (Curso de Pós-graduação Latu Sensu em Gestão do agronegócio).

LEMAIRE, E.; CHAPMAN, D. **Tissue flows in grazed plant communities**. In; HODGSON, I.; ILLIUS, A. W. (Eds.) *The ecology and management of grazing systems*. P.3-36, 1996.

LEMAIRE, G. **The physiology of grass growth under grazing:tissue turnover**. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL. GOMIDE, J. A. (ed.). *Anais...*1997, Viçosa, MG, 1997. p. 117-144.

LIMA, J. A. de; JÚNIOR, E. F.; ANDRADE, J. B. de; et al. **Avaliação do Capim-elefante ("Pennisetum Purpureum" Schum. cv. Guaçu) visando a produção alternativa de energia**. 43ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, JP, 2006.

LIRA, M. de A.; FERNANDES, A. de P. M.; et al. **Efeito da Adubação Nitrogenada e Fosfatada no Rendimento do Capim elefante "Pennisetum Purpureum" Schum,)**, Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v,31, n1, p,19-26, jan 1996, [http://webnotes.sct.embrapa.br/pab/pab.nsf/dfe523788c4d9ae503256508004f34ca/06f9a8e5d618f70032567c9004dd0a2/\\$FILE/pab96jan_02.pdf](http://webnotes.sct.embrapa.br/pab/pab.nsf/dfe523788c4d9ae503256508004f34ca/06f9a8e5d618f70032567c9004dd0a2/$FILE/pab96jan_02.pdf) Acessado em 22/04/2012.

LYRA, G. B.; PONCIANO, N. J.; SOUSA, E. F. de; BERNARDO, S., DAHER, R. F.; et al. **Estimativa dos níveis ótimos e econômicos de irrigação no mamoeiro (Carica papaia L.) Cultival Golden nas condições do norte do Espírito Santo**. Revista Brasileira de Fruticultura (Impresso). , v.30, p.390 - 395, 2008.

LOPES, J. E. P. **Análise econômica de contratos de integração usados no complexo agroindustrial avícola brasileiro**. Viçosa. UFV. 1992. 94 p. (Dissertação de Mestrado).

LOPES, M. A., CARVALHO, F. M. **Custo de produção de leite**. Boletim Agropecuário: UFLA, n. 33, 2000.

MACHADO, C. C., LOPES, E. S. **Análise da influência do comprimento de toras de eucalipto na produtividade e custo da colheita e transporte florestal.** CERNE, v.6. n. 2., 2000. p.124-129.

MALAVOLTA, E.; LIEM T. H.; PRIMAVESI A. C. P. A. **Exigências nutricionais das plantas forrageiras.** In: MATTOS, B. B.; WERNER J. C.; YAMADA T.; MALAVOLTA, E.ed. Calagem e adubação de pastagens. **Potafos**, Piracicaba, p.31-76. 1986.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas.** São Paulo. Editora Agronômica Ceres, 638p, 2006.

MALDONADO, H.; DAHER, R.F.; PEREIRA, A.V. et al. **Efeito da irrigação na produção de matéria seca do capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) em Campos dos Goytacazes, RJ.** In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. Anais... Juiz de Fora: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1997. p.216-217

MATOS, L. L. **Produção de leite a pasto.** In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE DE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora: SBZ, 1997. p. 169-193.

MAZZARELLA, V. (2008) **Capim-elefante: A energia renovável moderna.** Documento publicado em www.capim-elefante.org.br. Acesso em 09/07/2013.

MAZZARELLA, V. **Projeto prevê a obtenção de energia através da utilização de capim-elefante.** Revista Meio Ambiente Industrial. 24 ed. n. 23, 2000. p.82-83.

MAZZARELLA, V. N. G. **Capim elefante como fonte de energia no Brasil: realidade atual e expectativas.** Workshop Madeira Energética. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <http://www.inee.org.br/download/eventos/0945VicenteMazzarella%20IPT.ppt>. Acessado em 25/06/2013.

MELLO, A. C. L de; LIRA, M. de A.; BATISTA, J. C.; JÚNIOR, D.; SANTOS, M. V. F. dos; FREITAS, E. V. de. **Caracterização e Seleção de Clones de Capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) na Zona da Mata de Pernambuco.** R. Bras. Zootec., v.31, n.1, p.30-42, 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v31n1/8945.pdf>, Acessado em 06/07/2013.

MONTEIRO, F. A.; WERNER, J. C. **Efeitos das adubações nitrogenada e fosfatada em capim-Colonião em dois solos arenosos do Estado de São Paulo.** Boletim de Indústria Animal, v.34, n.1, p.91-101, 1977.

MONTEIRO, F. A. **Adubação para estabelecimento e manutenção de capim elefante.** In: CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J.; XAVIER, D. F.; CARVALHO, L. de A., ed. **Capim Elefante, produção e utilização**, Coronel Pacheco, Embrapa CNPGL, 1994, p.49-79.

MORAES, Y. J. B. de. **FORAGEIRAS: Conceitos, formação e manejo.** Editora Agropecuária. Guaíba, 1995. 215 p.

MORAIS, R. F. **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 (Mestrado em Agronomia)- Seropédica -RJ, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro-UFRRJ, 2008, 73p.

MORAIS, R. F.; ZANETTI, J. B.; PACHECO, B. M. et al. **Produção e qualidade da biomassa de diferentes genótipos de capim-elefante cultivados para uso energético.** Rev. Bras. De Agroecologia/nov. 2009 Vol. 4 No. 2. p 1103-1107.

MOREIRA, L. de M., FONSECA, D. M., MARTUSCELLO, J. A., NÓBREGA, E. B. da. **Adubação fosfatada e níveis críticos de fósforo no solo para manutenção da produtividade do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* cv. Napier).** R. Bras. Zootec., v.35, n.3, p.943-952, 2006 (supl.). Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v35n3s0/30703.pdf>. Acessado em 26/06/2013.

MOREIRA, P. C.; WASCHECK, R. de C.; DUTRA, A. R.; et.al . **Utilização de Capim-elefante para alimentação de bovinos.** Disponível em: <http://www.google.com.br/#hl=pt-BR&scient=psy->

<http://seer.pucgoias.edu.br/index.php/estudos/article/view/743/563>. Acessado em 26/02/2013.

MOTTA, da R. S.; FERRAZ, C.; YOUNG C. E. F.; et al. **O mecanismo de desenvolvimento limpo e o financiamento do desenvolvimento sustentável no Brasil.** Rio de Janeiro: Instituto de Economia Aplicada, 2000. 46 p.

MOZZER, O. L. **Comparação entre cultivares de capim- elefante nas fazendas da Zona da Mata de Minas Gerais.** Relatório técnico do Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Leite 1981-1985. Coronel Pacheco: EMBRAPA-CNPGL, 1986. p. 88.

MISTURA, C.; FONSECA, D. M.; MOREIRA, L. M.; FAGUNDES, J. L.; MORAIS, R. V.; QUEIROZ, A. C.; RIBEIRO JÚNIOR, J. I. **Efeito da adubação nitrogenada e irrigação sobre a composição químico-bromatológica das lâminas foliares e da planta inteira de capim-elefante sob pastejo.** Revista Brasileira de Zootecnia, v. 36, n. 6, p.1707-1714, 2007.

NABINGER, C.; MEDEIROS, R. B. **Produção de sementes de Panicum maximum Jacq.** SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DE PASTAGENS, 12., 1995, Piracicaba. Anais... Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1995. p.59-128.

NASCIMENTO JUNIOR, D. **Informações sobre plantas forrageiras.** Viçosa, MG, UFV, Impr. Univ., 1975. 56p.

NORONHA, J. F. Projetos Agropecuários – **Administração financeira: orçamento e viabilidade econômica.** São Paulo: Atlas, 1987. 95 p.

OLIVEIRA, P. P. A.; TRIVELIN, P. C. O.; OLIVEIRA, W. S. **Nitrogen fertilization efficiency with urea (15N) in Brachiaria brizantha cv. Marandu associated with split application of ordinary superphosphate and potassium chloride.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 27, n. 4, p. 613-620, 2003.

OTERO, J.R. **Informações sobre algumas plantas forrageiras**. 2. ed. Rio de Janeiro, SAI, 1961. 334p.

OSAVA, Mario. **Energia : Capim elefante, novo campeão em biomassa no Brasil**. 2007. Disponível: <http://www.mwglobal.org/ipsbrasil.net/nota.php?idnews=3292>. Acessado em 27 julho 2009.

PACHECO, B. M.; ALENCAR, J. A.; VIAL, J. G. et al. **Produção de carvão vegetal a partir da biomassa de capim-elefante: Estimativa de benefícios: Geração de empregos e de renda**. Documento técnico. INCAPER. 2004. 31p.

PASSOS, L. P. **Estado de conhecimento sobre a fisiologia do capim-elefante**. In: SIMPÓSIO SOBRE O CAPIM-ELEFANTE, 2, 1994. Coronel Pacheco, *Anais...* Coronel Pacheco: EMBRAPA, 1994. p. 12-56.

PATERLINI, E. M.; MOULIN, J. C.; ARANTES, M. D. C. GONÇALVES, F. G.; VIDAURRE, G. B.; BAUER, M. de O. **Avaliação do capim elefante para uso energético**. Journal of Biotechnology and Biodiversity. Vol. 4, N.2: pp. 119-125, May, 2013. ISSN: 2179-4804. Disponível em <http://revista.uft.edu.br/index.php/JBB/article/viewFile/401/325>. Acessado em 07/07/2013.

PONCIANO, N. J.; SOUZA, P. M. de ; MATA, H. T. da C. et al. **Análise de Viabilidade Econômica e de Risco da Fruticultura na Região Norte Fluminense**. Revista de Economia e Sociologia Rural (Impresso). , v.42, p.615 - 635, 2004.

PORTO, M. L. A.; PUIATTI, M.; FONTES, P. C. R.; CECON, P. R.; ALVES, J. do C. ARRUDA, J. A. de. (2012) **Produtividade e acúmulo de nitrato nos frutos de abobrinha em função da adubação nitrogenada-** *Bragantia*, vol. 71, núm. 2, 2012, pp. 190-195 Instituto Agrônomo de Campinas. Campinas, Brasil. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_issuetoc&pid=0006-870520120002&lng=pt&nrm=iso. Acessado em 29/08/2013.

ROCHA, E. P. A.; SOUZA, D. F.; DAMASCENO, S. M. (2009) **Estudo da viabilidade da utilização de briquete de capim como fonte alternativa de energia para queima em alto-forno.** VIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica. Uberlândia-MG.

RODRIGUES, L. R. A.; MONTEIRO F. A.; RODRIGUES, T. J. D. **Capim-elefante.** In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DA PASTAGEM, 17., 2000, Piracicaba. *Anais...*, Piracicaba: FEALQ. 2000. p. 135-156.

ROSSI, D. A. **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 (Mestrado em Produção Vegetal)-Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes-RJ, 2010.

RUIZ, M.; SANCHEZ, W. K.; STAPLES, C. R. **Comparison of “Mott” dery elephant grass and corn silage for lactating dairy cows.** *Journal Dairy Science*, v. 75, n. 2, p. 533-543, 1992.

SALLISBURY, F. B.; ROSS, C. **Plant physiology.** Wadsworth Publishing Company. Inc. Belmont. Califórnia, 1969.

SAMSON, R.; MANI, S.; BODDEY, R.; SOKHANSANJ, S.; QUESADA, D.; URQUIAGA, S.; REIS, V.; HO LEM, C. **The potential of c4 perennial grasses for developing a global Bioheat Industry.** *Plant Science, Limerick*, v.24, p.1-35, 2005.

SANTANA, J. R.; PEREIRA, J. M.; ARRUDA, N. G.; RUIZ, M. A. M. **Avaliação de cultivares de capim elefante (*Pennisetum purpureum Schum*) no sul da Bahia.** 1. Agrossistema cacauero. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.18, n. 3, p. 273-283, 1989.

SANTOS FILHO, J. L. **Otimização de planos de produção em fazendas integradas de cacau sob condições de risco.** Viçosa, UFV: Departamento de Economia Rural. 1994, 20 p. (mimeo.).

SEARLE, S. R. **Linear models.** New York: John Wiley & Sons, 513 p., 1971.

SILVA, S. C. da; FARIA, V. P. de; CORSI, M. **Sistema intensivo de produção de leite em pastagem de capim-elefante do Departamento de Zootecnia de ESALQ.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GADO LEITEIRO, 2, 1995, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 1995. p. 97-112.

SOUZA, P. M. **A importância do gerenciamento de custos na pecuária de corte.** In: SIMPÓSIO DE BOVINOCULTURA DE CORTE: ATUALIZAÇÃO DE ASPECTOS NUTRICIONAIS, SANITÁRIOS E REPRODUTIVOS, 2002, Campos dos Goytacazes. *Anais...* Campos dos Goytacazes: UENF, 2002. p.64-82.

STEVENSON, F. J.; COLE, M. A. **Cycles of soil carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients.** 2 ed. New York, Wiley & Sons, 1999. 427p.

TAPARELLI, C. E. **Energia Produzida com queima de capim-elefante começa a ganhar força.** Disponível em : <http://economia.terra.com.br/energia-produzida-com-queima-de-capim-comeca-a-ganhar-forca,20086923c8f2d310VgnCLD200000bbcceb0aRCRD.html>. Acessado em 22/06/2013.

THOMPSON, R. L. **Economia da produção I.** Viçosa: UFV, Departamento Rural, 1976, 191 p. (Mimeografado).

URQUIAGA, S. **Capim-elefante nova fonte de energia.** Dia de Campo na TV. <http://ceramica-alianca.blogspot.com.br/>. Acessado em 02/07/2009. <http://www.youtube.com/watch?v=Rn-taEsXd6I>,

URQUIAGA, S.; ALVES, B.; BODDEY, R. **Capim-elefante: Uma Nova Fonte Alternativa de Energia.** Embrapa Agrobiologia [online]. Seropédica – RJ, 3 dez. 2004. Disponível: <http://ces.fgvsp.br/index.cfm?fuseaction=noticia&IDnoticia=12697&IDidioma=1>. [capturado em 26 jun 2005].

VANCE, C. P.; UHDE-STONE, M. C.; ALLEN, D. L. **Phosphorus acquisition and use: Critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource.** *New Phytol.*, 157: 423-447, 2003.

VARGAS, A., **A Força do Capitalismo.** Ed: Abri. Rev: Veja. ed: 2177. ano 43. n-32. p: 112- 116. 11 de agosto de 2010.

VATTERLE, C. P.; SALLERNO, A. R. **Competição de 34 cultivares de *Pennisetum purpureum* com *Setaria anceps* e *Panicum maximum*.** In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 22, 1983, Pelotas. Anais... Pelotas: SBZ, 1983. p.403.

VICENTE-CHANDLER, J.; SILVA, S.; FIGARELLA, J. **The effect of nitrogen fertilization and frequency of cutting on the yield and composition of three tropical grasses.** *Agronomy Journal*, v. 51, n. 4, p. 202-206, 1959.

VIEIRA, S.; HOFFMANN, R. **Estatística Experimental.** São Paulo: Atlas, 1989.

VIGTech Biotecnologia-Bionergia. **Fórum de discussão de produção de biomassa e biogás através de capim-elefante.** <http://vigtech.com.br/press/>, Acessado em 26/02/2013.

VIGTech Biotecnologia. **Plantando hoje o futuro.** Disponível em <http://www.vigtech.com.br/index.html>, Acessado em 05/06/2013. Disponível em <http://vigtech.com.br/>. Acessado em 09/11/2013.

VILELA, H.; DIMAS, C. **Capim Elefante Paraíso na geração de energia.** http://www.agronomia.com.br/conteudo/artigos/artigos_capim_elefante_paraíso_geraçao_energia.htm, Acessado em 07/06/2013.

VITOR, C. M. T. **Adubação nitrogenada e lâmina de água no crescimento do capim-elefante.** Tese de doutorado apresentada ao programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UFV, Viçosa, 2006.

WERNER, J. C. **Adubação de pastagens**. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1986. 49p. (Boletim Técnico, 18).

WERNER, J. C.; MONTEIRO, F. A.; CARRIEL, J. M. Efeitos da calagem em capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq.) estabelecido. **Boletim de Indústria Animal**, v.36, n.2, p.247-253, 1979. YOGI KONDA, **Energia alternativa PIB: Programa Integrado de Biomassa**. 2005. Disponível: <http://www.yogikonda.com/pib.html>. Acessado em 26 jun 2005.

XAVIER, D. F.; BOTREL, M. A.; DAHER, R. F.; GOMES, F. T.; PEREIRA, A. V. (1995) **Caracterização Morfológica e Agrônômica de Algumas Cultivares de Capim-Elefante Embrapa-CNPGL**. Documentos,60.

5. TRABALHOS

CAPÍTULO 1. AVALIAÇÃO MORFOAGRONÔMICA DE TRÊS CULTIVARES DE CAPIM-ELEFANTE SOB DOSES DE ADUBAÇÃO NITROGENADA PARA FINS ENERGÉTICOS NO SUL DO ESPÍRITO SANTO.

RESUMO

SANTOS, Márcia Maria Paes; D. Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Setembro de 2013. Avaliação morfoagronômica de três cultivares do capim-elefante sob duas doses de adubação nitrogenada para fins energéticos no Sul do Espírito Santo. Orientador: Prof. D.Sc. Rogério Figueiredo Daher. Coorientador: Prof. Niraldo José Ponciano. Conselheiros: Geraldo de Amaral Gravina e Antonio Vander Pereira.

Há cerca de 30 anos, a queima da biomassa do capim-elefante foi proposta como fonte alternativa para a produção de energia renovável no Brasil, algumas indústrias ceramistas, siderúrgicas e termoelétricas já utilizam o capim-elefante como fonte alternativa de energia (Mazzarella, 2008). A caracterização morfoagronômica e composição química são parâmetros importantes a serem analisados para avaliar a viabilidade de se produzir energia a partir do capim-elefante. Características como produção de matéria seca, número de perfilhos, altura da planta, diâmetro de colmo e largura da lâmina foliar fornecem informações importantes sobre a qualidade do material. O experimento foi instalado em DBC, no esquema de parcelas subdivididas, na ausência de irrigação, em área cultivável do IFES-Campus de Alegre-ES. Foram avaliadas três cultivares de capim-elefante (Guaçu/IZ.2, Cameroon-Piracicaba e Capim Cana D'África) por meio de características morfoagronômicas sob duas doses de adubação nitrogenada por corte e com doze repetições para cada tratamento.

Foram realizados 3 cortes (o primeiro com 180, o segundo com 300 e o terceiro com 180 dias). A parcela foi constituída de 4 linhas de 12,0 m de comprimento espaçadas de 1,5 m, as extremidades serviram como bordadura e 6,0 m centrais as subparcelas com 3,0 m de comprimento. Cada bloco foi composto de três parcelas formadas pelos genótipos que foram divididos em duas subparcelas constituídas das doses de 500 e 1000 Kg ha⁻¹ de N. Para obter área útil de 2,25 m² foi cortado 1,50 m na linha de plantio. As amostras de plantas integrais foram medidas, pesadas e secas em estufa a uma temperatura de 65°C sob circulação de ar forçada por 72 horas. Após a secagem, foram novamente pesadas e moídas em moinho tipo Wiley malha de 1 mm e acondicionadas em vidros. Os teores de matéria seca foram obtidos mediante secagem em estufa com ventilação de ar forçada, a 105°C por 24 horas, servindo este parâmetro para expressar a produção de matéria seca em t ha⁻¹. Os dados foram submetidos à análise de variância conjunta pelo teste F, e posteriormente foi feita comparações de média usando o teste de Tukey a 5% de probabilidade. A variação corte demonstrou efeito altamente significativo ($P < 0,01$) na análise de variância para todas as características avaliadas, indicando condições ambientais contrastantes durante a realização do experimento. Diante dos resultados obtidos as cultivares possuem potencial para a produção de matéria seca. Por conseguinte, a cv Cameroon-Piracicaba, apresentou menor perfilhamento tanto em doses altas ou baixas de N. Mas, apresentou valores médios tanto no diâmetro do colmo e na largura de lâminas superiores às outras cultivares. Verificou-se uma tendência da cv Guaçu/IZ.2 apresentar valores próximos a cv Cameroon-Piracicaba, enquanto que a cv cana D'África apresentou essa tendência somente na largura da lâmina nas maiores doses de N. Conclui-se que as cultivares, de um modo geral, não diferiram entre si na produção de matéria seca, mesmo sob condições ambientais contrastantes, porém houve um decréscimo nessa e na altura, em virtude dos estresses hídricos ocorridos no período do terceiro corte. Entretanto, Cameroon-Piracicaba, apresentou menor perfilhamento, maiores diâmetro do colmo e largura de lâminas em relação às demais. A cv. Guaçu/IZ.2 tendeu a apresentar valores próximos a Cameroon-Piracicaba, enquanto que Cana D'África apresentou essa tendência apenas em relação à largura da lâmina em maiores doses de adubação nitrogenada.

ABSTRACT

SANTOS, Márcia Maria Paes; D. Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. September, 2013. Morphoagronomic evaluation of elephant grass in three cultivars under two nitrogen fertilizer levels for energy in the South of Espírito Santo state. Advisor: Prof. D.Sc. Rogério Figueiredo Daher. Co-advisor: Prof. Niraldo José Ponciano. Committee Members: Geraldo de Amaral Gravina and Antonio Vander Pereira.

For about 30 years, combustion of elephant grass biomass has been proposed as an alternative source for production in Brazil, some potters industries, steel mills and power plants are already using elephant grass as an alternative source of energy (Mazzarella, 2008). The morphoagronomic and chemical composition are important parameters to be analyzed to assess the feasibility of producing energy from elephant grass. Features such as dry matter yield, number of tillers, plant height, stem diameter and width of the leaf blade provide important information about the quality of the material. The experiment was conducted in DBC, the subplot subdivided scheme in the absence of irrigation on cropland IFES-Campus Alegre-ES. Three different varieties of elephant grass (Guaçu/IZ.2, Cameroon, Piracicaba and Grass Cana D'Africa) through agronomic characteristics under two levels of nitrogen fertilization by cutting and twelve repetitions for each treatment. Three cuts were made within 180, 300 and 180 days. The plot consisted of four

lines of 12.0m length spaced by 1.5m, the extrimities served as boundary, and 6.0m central subplots with 3.0m length. Each block was composed of three parcels formed by each genotype, and were divided into two subplots consisting of doses of 500 and 1000 kg ha⁻¹ N. For an area of 2.25 m² was cutted 1.50m in each line. The whole plant samples were weighed and dried inside a greenhouse at a temperature of 65 °C under forced air circulation for 72 hours. After drying, the samples were weighed again, then milled in a 1mm mesh Wiley mill and stored inside a flask. The dry matter contents were obtained by drying in a greenhouse with forced air ventilation, at 105° C for 24 hours, serving this parameter to express the dry matter production in t ha⁻¹. The cutting showed a highly significant effect ($P < 0.01$) in the analysis of variance for all traits, indicating contrasting environmental conditions during the experiment. The three cultivars showed different responses to certain features as the increment of N into the cuts. In the period 2 there was an increase in PMS to cultivar Cameroon-Piracicaba of 32.7702 to 38.7164 t ha⁻¹. The cultivar Cameroon Piracicaba stood out with higher diameter, ranging from 19.8625 to 18.2208 mm in the cuts 2 and 3, but was inferior in tillering in the N1 dosage, ranging from 23.2500 to 22.0833 NPPM, the cultivars Guaçu/IZ.2 and Cana D'Africa were both statistically equal, with higher tillering for Cana D'Africa cultivar, around 31.75 to 30.9167 NPPM. Based on these results, the cultivars were promising for the production of biomass energy and fit within the parameters evaluated by other researchers, such as cultivars with high biomass production, since the environmental conditions contribute to the proper development and growth of these cultivars for direct combustion.

1. INTRODUÇÃO

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) é uma poaceae perene de alta produção de matéria verde (Braga, 2002). Originado da África tropical, hoje Zimbábue, que mais tarde foi trocado por capim-napier para homenagear seu descobridor e principal divulgador desta poaceae para outros países. É uma monocotiledônea e como tal, apresenta o colmo como uma parte fibrosa, mais dura, que forma a casca e uma medula com feixes vasculares. Sua estrutura morfológica é bastante semelhante à do bagaço de cana-de-açúcar, o qual apresenta a seguinte composição: 65% de fibras e 35% de material não fibroso (Azevedo, 2000). É uma das poaceaes mais exigentes em fertilidade do solo (Nascimento Júnior, 1981), não se adaptando bem a locais expostos à inundação ou a grandes períodos de encharcamento (Havard-Duclos, 1969; Bogdan, 1977).

Segundo Moraes (1995), o capim elefante apresenta grande capacidade de produção em condições de boa fertilidade e doses altas de matéria orgânica, chegando a atingir em torno de $50 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, em condições de boas precipitações ou irrigação. E para Moraes (2008), o efeito da adubação nitrogenada em capim elefante é considerável, e tem mostrado efeitos pronunciados na produção de matéria seca e proteína bruta. Se os fatores climáticos não forem limitantes, pode-se afirmar que a produtividade do capim-elefante é controlada pelo fornecimento de nitrogênio (Monteiro et al. 1994).

Devido a esse alto potencial de produção de matéria seca, alguns estudos demonstram significativas respostas a adubação nitrogenada da ordem de 1.800 Kg ha⁻¹ano⁻¹ de nitrogênio. Todavia, as doses mais eficientes estão próximas de 450 kg ha⁻¹ano⁻¹ (Andrade, 2000). Santana et al. (1994), constataram que em países tropicais a maior produção de matéria seca coincide com a época chuvosa, principalmente durante o verão, onde os índices pluviométricos são maiores.

A cultura de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) é altamente eficiente na fixação de CO₂ (gás carbônico) atmosférico durante o processo de fotossíntese para a produção de biomassa vegetal. Esta característica é típica de poaceas tropicais, de 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).

Em poucos estudos relacionados ao aproveitamento da biomassa para combustão direta do capim-elefante como fonte de energia, observou-se que é necessária uma nova direção em relação às características desejáveis na planta desta espécie. Características como produção de matéria seca, número de perfilhos, altura da planta, diâmetro de colmo e largura da lâmina foliar fornecem informações importantes sobre a qualidade do material. Na verdade, busca-se uma planta rica em fibras, celulose e lignina, características essas que estejam congregadas à alta produção de biomassa (Quesada et al., 2004).

Pesquisas recentes vêm desenvolvendo novas técnicas de uso de biomassa de capim-elefante como fonte de energia alternativa, e nesse sentido, novo rumo deve ser dado em relação às características que se deseja obter da planta (Urquiaga, Alves e Boddey, 2006). Segundo Flores et al. (2012), a produção total de matéria seca de capim-elefante apresentou interação entre a dose de N-fertilizante aplicado com a idade de corte, porém essas interações nos cortes realizados aos 120 e 150 dias após o brotamento foram com ajustes quadráticos, atingindo 29,4 e 31,7 t ha⁻¹ nas doses de 121,2 e 142 kg ha⁻¹ de N. Mas no corte realizado aos 180 dias, observou-se um ajuste significativo linear, atingindo 41,2 t ha⁻¹ na dose de 150 kg ha⁻¹ano⁻¹.

Ainda não se sabe ao certo quantas colheitas do capim-elefante destinado à produção de biomassa energética podem ser realizadas. No Brasil, até agora, têm sido adotadas duas colheitas por ano (Mazzarella, 2008).

Neste contexto, surgem novas perspectivas para a geração de energia da biomassa vegetal, por as indústrias estarem nas fontes energéticas renováveis e o Brasil apresentar plenas condições de liderar essa atividade, principalmente por sua extensão territorial, suas condições climáticas, além dos benefícios oferecidos com a utilização de uma fonte de energia limpa (Mazzarella, 2000; Motta et al. 2000).

Cultivares melhoradas poderão constituir-se em uma 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 no agronegócio diminuindo os impactos ambientais provocados pelo uso predatório de florestas nativas, que tem causado danos ambientais, tais como acelerado assoreamento e conseqüente morte de diversos rios, uma vez que as derrubadas de árvores e queima dos combustíveis fósseis têm sido a fonte de energia no fornecimento de calor utilizada em cerâmicas, olarias ou caldeiras na região.

Com isso a pesquisa buscou avaliar o efeito de doses de adubação nitrogenada 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.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e Delineamento Experimental

O experimento foi instalado em 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, sendo essas informações obtidas pelo DATUM-SIRGAS 2000. O clima é classificado por Koppen, como sendo do tipo CWA, com estação seca no inverno, e verão quente e chuvoso.

O solo foi amostrado na profundidade de 0-20 cm para fazer análise granulométrica e química e apresentou: Areia 76,25%; Silte 2,52% e Argila 21,23%, pH em 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 %, realizada pelo Laboratório de Física do Solo do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, sendo o solo classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Eutrófico (EMBRAPA, 2006).

O Delineamento experimental foi em Blocos Casualizados (DBC), no 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 nitrogenada (500 e 1000 kg ha⁻¹ de N) com doze repetições.

A área experimental foi constituída de 36 linhas espaçadas de 1,5 m e a unidade experimental (parcela) foi constituída de 4 linhas de 12,0 m comprimento espaçadas de 1,5 m, os 3,0 m das extremidades serviram como bordadura e 6,0 m centrais comportou-se as subparcelas com 3,0 m de comprimento que receberam a adubação nitrogenada de forma parcelada durante o ciclo de desenvolvimento 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 fez os cortes dos colmos com aproximadamente de 50 a 60 cm de tamanho dentro do sulco de plantio e foram cobertos com 3 cm de solo. Cada bloco foi composto de três parcelas (formadas pelos genótipos) que foram divididas em duas subparcelas (constituídas das doses de 500 e 1000 Kg ha⁻¹ de N). Foram realizados 3 cortes: 1º corte com 180, 2º corte com 300 e 3º com 180 dias, a área útil da subparcela foi obtida, retirando 1,50 m na linha de plantio com 2,25 m².

2.2. Procedimentos para obtenção das características morfoagronômicas

As características morfoagronômicas avaliadas em amostras de plantas inteiras foram:

- a) produção de matéria seca da planta integral (PMS) - estimada pelo produto do peso da matéria verde das plantas integrais (kg), obtido em balança digital, provenientes de 2,25 metros quadrados (2,25 m²), pela percentagem de matéria seca da planta integral (%MS) obtida de amostragem destas plantas. O valor obtido (kg/m²) foi convertido para t ha⁻¹;
- b) percentagem de matéria seca da planta integral (%MS) - estimada em amostras de plantas inteiras extraídas dentre as plantas cortadas da área útil, pesadas e submetidas à pré-secagem em estufa de ventilação forçada, a 65°C por 72 horas e pesadas novamente para a obtenção da percentagem de matéria seca da planta integral (%MS), realizada de acordo com a metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002). Após a secagem, as amostras foram novamente pesadas, moídas (1 mm) em moinho tipo Wiley e acondicionadas em vidros. Os

teores de matéria seca foram obtidos mediante secagem em estufa com ventilação de ar forçada, a 105°C por 24 horas, servindo este parâmetro como base para expressar a produção de matéria seca ($t\ ha^{-1}$), estimada pelo produto da produção de matéria verde da planta integral, pela percentagem de matéria seca da planta integral, sendo o valor obtido convertido para $t\ ha^{-1}$;

c) altura média das plantas (ALT) - expressa em m, medida com régua graduada em cm, tomada com base na altura média das plantas na parcela, medindo-se a partir do solo até o ápice das folhas eretas, momentos antes do corte de avaliação;

d) número de perfilhos por metro linear (NPPM) - obtido pela contagem do número de perfilhos com altura superior a 70 cm contidos na área útil da subparcela, momentos antes do corte de avaliação;

e) diâmetro médio do colmo na base da planta (DC) - expresso em mm, medido a 10 cm do nível do solo através do uso de paquímetro digital, momentos antes do corte de avaliação;

f) largura média da lâmina foliar (LL) – expressa em cm, medida com régua milimetrada no terço médio da lâmina foliar de três amostras das plantas inteiras.

2.3. Análise dos Resultados

Os dados obtidos referentes às características morfoagronômicas avaliadas para a obtenção da produção biomassa foram submetidos à análise de variância (por corte) pelo teste de F, e posteriormente, foi aplicado o teste de Tukey a 5% para comparação das médias por meio do software GENES. Posteriormente fez-se a análise de variância conjunta pelo teste de F para verificar a interação genótipos x tratamentos, e para comparação de médias aplicou-se o teste de Tukey a 5%, utilizando o software SAEG.

2.3.1. Análise de Variância Conjunta

A análise de variância para as características morfoagronômicas por corte foi realizada no modelo de delineamento estatístico de blocos ao acaso, no

esquema de parcelas subdivididas, considerando efeito principal os genótipos (clones) e efeitos secundários, de blocos, dos níveis de nitrogênio e do corte conforme descrito a seguir:

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

em que:

Y_{ijkl} = valor observado relativo ao i-ésimo genótipo, na j-ésima dose de nitrogênio, no k-ésimo corte e no l-ésimo bloco;

μ = média geral do experimento;

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 nitrogênio;

$G_i N_j$ = efeito da interação do i-ésimo genótipo com a j-ésima dose de nitrogênio;

ε_b = efeito do erro b associado ao i-ésimo genótipo com a j-ésima dose de nitrogênio no l-ésimo bloco;

C_k = efeito do k-ésimo corte;

$G_i C_k$ = efeito da interação do i-ésimo genótipo com o k-ésimo corte;

$N_j C_k$ = efeito da interação da j-ésima dose de nitrogênio com k-ésimo corte;

$G_i N_j C_k$ = efeito da interação do i-ésimo genótipo com J-ésima dose de nitrogênio e k-ésimo corte;

ε_c = efeito do erro c associado ao i-ésimo genótipo com j-ésima dose de nitrogênio e k-ésimo corte e no l-ésimo bloco.

$$\varepsilon_a, \varepsilon_b \text{ e } \varepsilon_c \sim \text{NID}(0, \sigma_{\varepsilon_{a,b,c}}^2).$$

O esquema da análise de variância, as hipóteses foram testadas pelo teste de F.

Tabela 1. Análise de variância conjunta, no esquema de parcelas subdivididas

| FV | GL | QM | F |
|-----------------|-----------------------|-----------|-----------------|
| R | (r - 1) | QMR | |
| G | (a - 1) | QMG | QMG/QMErro(a) |
| **Erro(a) | (r - 1)(a - 1) | QMErro(a) | |
| (Parcela) | (ar - 1) | | |
| N | (b - 1) | QMN | QMN/QMErro(b) |
| G × N | (a - 1)(b - 1) | QMGN | QMGN/QMErro(b) |
| **Erro(b) | (ab - a)(r - 1) | QMErro(b) | |
| (Subparcela) | (abr - 1) | | |
| Corte | (c - 1) | QMC | QMC/QMErro(c) |
| G × Corte | (a - 1)(c - 1) | QMGC | QMGC/QMErro(c) |
| N × Corte | (b - 1)(c - 1) | QMNC | QMNC/QMErro(c) |
| G × N × Corte | (a - 1)(b - 1)(c - 1) | QMGNC | QMGNC/QMErro(c) |
| **Erro(c) | (abc - ab)(r - 1) | QMErro(c) | |
| (Subsubparcela) | (abcr - 1) | | |

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises de variância conjunta para as características morfoagronômicas avaliadas nos três cortes envolvendo três genótipos em duas doses de nitrogênio, apresentados na Tabela 2, evidenciaram efeito não significativo ($P > 0,05$) pelo teste F para todas as características morfoagronômicas nas fontes de variação das interações genótipo e nitrogênio e da interação tripla genótipo, nitrogênio e corte, indicando independência entre os fatores genótipo, nitrogênio e corte. Para as fontes de variação genótipo houve efeito não significativo ($P > 0,05$), para as características PMS, %MS e ALT, e para o fator nitrogênio foram as características PMS, %MS, ALT, NPPM e DC. Entretanto, houve efeito altamente significativo ($P < 0,01$) na fonte de variação genótipo para NPPM, DC e LL, enquanto que para o fator nitrogênio houve efeito significativo ($P < 0,05$) para LL. Para as interações corte e genótipo o efeito foi altamente significativo ($P < 0,01$) para as características ALT e LL, e significativo ($P < 0,05$) para as características %MS e DC e não significativo ($P > 0,05$) para PMS e NPPM. Para a interação corte e nitrogênio somente houve efeito significativo ($P < 0,05$) para as características ALT e LL.

Com relação à fonte de variação genótipo, as características NPPM, DC e LL apresentaram diferenças significativas, indicando respostas diferenciadas dentre os genótipos. Este resultado comprova a distinção existente entre cortes realizados em diferentes períodos, mostrando que as plantas podem sofrer

Tabela 2. Resumo da análise de variância conjunta das características morfoagronômicas de três cultivares de capim-elefante (Guaçu/IZ.2, Cameroon-Piracicaba e Cana D'África) sob duas doses de adubação nitrogenada (500 e 1000 Kg ha⁻¹ de N) para fins energéticos, Alegre-ES, 2011-2013

| QUADRADO MÉDIO (QM) DAS CARACTERÍSTICAS | | | | | | | |
|---|-----|------------------|------------|-----------|----------|----------|----------|
| FV | GL | MORFOAGRONÔMICAS | | | | | |
| | | PMS | %MS | NPPM | ALT | DC | LL |
| Bloco | 11 | 133,32 | 34,68 | 57,01 | 0,23 | 2,187 | 0,171 |
| G | 2 | 51,41 ns | 53,70 ns | 658,62** | 0,14ns | 24,977** | 9,207 ** |
| Erro(a) | 22 | 57,80 | 27,95 | 62,02 | 0,10 | 4,369 | 0,259 |
| (Parcela) | 35 | | | | | | |
| N | 1 | 6,80 ns | 0,67 ns | 32,67 ns | 0,08 ns | 3,46 ns | 1,02 * |
| G*N | 2 | 32,91 ns | 3,43 ns | 4,09 ns | 0,02 ns | 1,45 ns | 0,32 ns |
| Erro(b) | 33 | 42,74 | 16,76 | 36,57 | 0,08 | 3,37 | 0,25 |
| (Subparcela) | 71 | | | | | | |
| Corte | 2 | 7058,59** | 15884,58** | 1034,26** | 46,10 ** | 127,69** | 4,65** |
| Corte*G | 4 | 43,49 ns | 91,98 * | 70,50 ns | 0,41 ** | 127,69* | 1,80** |
| Corte*N | 2 | 0,24 ns | 12,14 ns | 22,72 ns | 0,31 * | 0,08 ns | 1,03 * |
| Corte*G* N | 4 | 91,15 ns | 10,75 ns | 21,18 ns | 0,09 ns | 2,52 ns | 0,18 ns |
| Erro(c) | 132 | 64,47 | 33,11 | 29,83 | 0,10 | 3,25 | 0,28 |
| (Subsubparcela) | 215 | | | | | | |
| Média geral | | 26,74 | 38,44 | 25,78 | 3,67 | 16,49 | 4,98 |
| CV% | | 30,03 | 14,97 | 21,19 | 8,50 | 10,93 | 10,64 |

(**, * e ^{ns}) significativos em nível de 1%, 5% e não significativo pelo teste F. Produção de matéria seca integral da planta, em t ha⁻¹ = PMS; Percentagem de matéria seca integral = %MS; Número de perfilhos por metro linear = NPPM; Altura média da planta em metros = ALT; Diâmetro médio de colmo em milímetros = DC; Largura média da lâmina foliar em centímetros = LL.

alterações em sua estrutura e morfologia em virtude das condições ambientais adversas.

A interação significativa entre genótipos e cortes evidenciou que a resposta dos genótipos não é a mesma nos sucessivos cortes, ou seja, existem diferenças entre as médias dos genótipos, ou na classificação de suas médias, entre os três cortes. É importante ressaltar, que 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 essas características. É desejável que cultivares de capim-elefante se apresentem produtivas por todo o cultivo, e para produção de biomassa energética é interessante que os genótipos tenham desempenho mais elevado e estável durante os diferentes cortes, minimizando os efeitos de interação genótipos x ambientes (Daher et al., 2004).

3.1 Comparação de Médias (Teste de Tukey)

A fonte de variação cortes foi altamente significativa ($P < 0,01$) para todas as características avaliadas, indicando que realmente há necessidade da realização de diferentes cortes, imprescindíveis para permitir a distinção existente entre os genótipos avaliados durante este trabalho. 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.

Os valores dos coeficientes de variação (CV) para as variáveis estudadas foram médios e aceitáveis, exceto para a característica PMS e NPPM que apresentaram cv alto de 30,03% e 21,19%, respectivamente.

Segundo Fonseca e Martins (1996), os coeficientes de variação indicam a precisão do experimento e, em ensaios agrícolas de campo, podem ser considerados baixos quando inferiores a 10%, médios, quando de 10% a 20%, altos, quando de 20% a 30%, e muito altos, quando superior a 30%. Porém, de acordo com Pimentel-Gomes (2000), esses valores da faixa de classificação são muito generalistas e não levam em consideração as particularidades da cultura, bem como a característica avaliada. Portanto, esses valores podem ser

aceitáveis, devido às características em estudo serem governadas por muitos genes e bastante influenciadas pelo ambiente.

Analisando os valores médios referentes às características morfoagronômicas expressos na Tabela 3 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 nitrogênio utilizadas nos cortes 1, 2 e 3 não houve diferença estatística, porém ocorreu diminuição na PMS dessas cultivares no corte 3 podendo estar relacionada ao estresse hídrico que ocorreu nesse corte.

Esses resultados diferem dos resultados de Moraes et. al. (2009) obtidos em 3 ciclos, para a mesma cultivar utilizando uma adubação nitrogenada inferior, a cv. Cameroon-Piracicaba produziu no 1º ciclo 21,12 t ha⁻¹, no 2º ciclo 15,41 e no 3º ciclo 8,17 t ha⁻¹ em 18 meses em Ponta Ubú, Anchieta-ES, com isso Cameroon apresentou o maior valor para produção de biomassa, da ordem anual de 36,53 t ha⁻¹ nos dois primeiros cortes. Considerando a produção obtida somente no 3º ciclo por Moraes (2009), pode-se observar que o resultado obtido de 14,70 t ha⁻¹ na dose de 500 Kg ha⁻¹ superou à de Moraes (2009) sem aplicação da adubação nitrogenada.

Os resultados obtidos podem ser considerados promissores, levando em consideração a significativa falta de chuvas no segundo semestre de 2012. De acordo com (Quesada et al. 2004) essa cultivar possui elevadas produções de biomassa, principalmente na época seca, além de apresentar também elevados teores de fibras. Quesada (2005) encontrou em oito meses de cultivo, valores de até 30 t ha⁻¹, em cv. Cameroon sem a aplicação de N-fertilizante. Botrel et al. (2000), estudando novos clones de capim elefante, dentre eles Cameroon, encontraram produtividade média anual de 31 t ha⁻¹ano⁻¹.

A produção de matéria seca da cv. Cameroon-Piracicaba obtida de 38,72 t ha⁻¹ no corte 2 (300 dias), na dose de 1000 Kg ha⁻¹ de N foi diferente da obtida por Oliveira (2012), pois esta cultivar respondeu melhor quando utilizou a dose 800 kg ha⁻¹ de N em um corte com 10 meses, obtendo uma produção 52,80 t ha⁻¹, e também da produção obtida por Oliveira (2013) em dois cortes totalizando uma produção anual de 27,25 t ha⁻¹, em ambos os experimentos realizados na área de

Tabela 3. 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 |

| DOSES | | | | | | |
|-------|-------------------------|----------|----------|--------------------------|----------|----------|
| %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 |

| DOSES | | | | | | |
|-------|-------------------------|----------|----------|--------------------------|-----------|----------|
| 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 |

| DOSES | | | | | | |
|-------|-------------------------|----------|----------|--------------------------|----------|----------|
| 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 |

| DOSES | | | | | | |
|-------|-------------------------|----------|---------|--------------------------|---------|---------|
| 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 |

| DOSES | | | | | | |
|-------|-------------------------|---------|----------|--------------------------|----------|---------|
| 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 horizontal, e minúscula na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). 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 = DC; Largura média da lâmina foliar em centímetros = LL; Guaçu/IZ.2 = G1 ; Cameroon-Piracicaba = G2 ; Capim Cana D'África = G3.

Corte 1 = 180 dias; Corte 2 = 300 dias; Corte 3 = 180 dias.

convênio do Centro Estadual de Pesquisas em Agroenergia e Aproveitamento de Resíduos (Pesagro - Rio), localizada em Campos dos Goytacazes, RJ.

A produção de matéria seca obtida da cv. Guaçu/I.Z.2 foi $45,17 \text{ t ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$, referentes aos cortes 1 e 3 diferiu dos resultados obtidos por Andrade et al. (2000), no experimento de Brotas $49,48 \text{ t ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$, e ao de Nova Odessa cuja produção foi de $30,91 \text{ t ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$, utilizando doses inferiores de nitrogênio. A produção de matéria seca obtida no corte 2 de $34,19 \text{ t ha}^{-1}$, em um período de 10 meses divergiu de Andrade et al. (2000) e de Rossi (2010), pois obtiveram elevadas produções para Guaçu/I.Z.2, produzindo acima de 50 t ha^{-1} em um período de 10 meses, utilizando uma dosagem de nitrogênio inferior. A produção desta cultivar obtida nos cortes 1 e 3, totalizou $45,17 \text{ t ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$, superando a obtida por Oliveira (2013), cuja produção anual foi de $35,60 \text{ t ha}^{-1}$ usando uma adubação nitrogenada inferior.

A produção de matéria seca da cultivar Cana D'África obtida no corte 2 em intervalo de 10 meses de $33,94 \text{ t ha}^{-1}$ foi semelhante à produção obtida por Rossi (2010), de $36,17 \text{ t ha}^{-1}$ em um ciclo de 10 meses mesmo utilizando dose inferior de adubação nitrogenada. E diverge da obtida por Oliveira (2013) de $31,00 \text{ t ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$, levando em consideração que a produção do corte 1 foi de $34,11 \text{ t ha}^{-1}$ e do corte 3 de $15,78 \text{ t ha}^{-1}$, ambos com intervalos de 6 meses totalizando uma produção de $49,89 \text{ t ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$.

Diante da média geral obtida de $26,74 \text{ t ha}^{-1}$ 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 $27,65 \text{ t ha}^{-1}$ com a idade de corte de 113,1 dias para a cv. Cameroon, e por Mendonça et al. (1983) e Gonçalves et al. (1998), que encontraram para Cameroon as maiores produções com as maiores idades entre os cortes. Santana et al. (1989 e 1994) verificaram incrementos na produção de MS quando o intervalo de corte aumentou de 4 para 12 semanas.

A percentagem de matéria seca das cultivares, Guaçu/I.Z.2, Cameroon-Piracicaba e Cana D'África obtida no corte 1 foi diferente à obtida por Oliveira (2013) que foi de 34,80%, 19,86% e de 30,10%, respectivamente, utilizando dose de adubação nitrogenada inferior. Já no corte 2 com intervalos de tempo diferentes, Guaçu/I.Z.2 se equivaleram mesmo nas doses de adubação nitrogenada diferentes, mas Cameroon-Piracicaba e Cana D'África, a %MS

obtidas por Oliveira (2013) foram inferiores utilizando adubação nitrogenada inferior.

Analisando a percentagem de matéria seca, todas as cultivares demonstraram diminuição nessa característica nos cortes 1, 2 e 3 nas referidas doses utilizadas. Somente Guaçu/IZ.2 diferiu estatisticamente de Cameroon-Piracicaba e Cana D'África no corte 1 dentro da dose de 500 kg ha⁻¹ de N, por ter apresentado um % MS maior que as demais.

A percentagem de matéria seca das cultivares em estudo no corte 2 quando comparada com as obtidas por Rossi (2010) cujo período de tempo foi o mesmo, foi diferente para Cameroon – Piracicaba, enquanto que Cana D'África e Guaçu/IZ.2 foram equivalentes, sendo os resultados obtidos de 29,84%, 33,31% e 32,84%, respectivamente em uma dosagem inferior de nitrogênio.

A média obtida de 24,78 de matéria seca (% MS) no terceiro corte (180 dias) referente à cultivar Guaçu/IZ.2, Cana D'África e Cameroon-Piracicaba, foi semelhante à média de 24,47% obtida por Souza Sobrinho et al. (2005). No entanto, foi diferente da obtida nos trabalhos de Rossi (2010) de 37,16%. No segundo corte (300 dias), a média obtida foi semelhante, oscilando de 35,72% a 37,15% quando comparada à média obtida por Rossi (2010). Os teores de matéria seca observados, comparados com os resultados encontrados por Santos et al. (2001), e 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 dos genótipos nas diferentes doses utilizadas. Houve incremento no perfilhamento para os genótipos Guaçu/IZ.2 e Cana D'África nos cortes 2 e 3 dentro da dose de 500 kg ha⁻¹, diferindo-os estatisticamente do Cameroon-Piracicaba, este apresentou menor número de perfilhos nesses cortes. Entretanto, dentro da dose de 1000 kg ha⁻¹ esse incremento ocorreu somente para o Guaçu/IZ.2 nos cortes 2 e 3, não diferindo-o estatisticamente de Cana D'África e Cameroon-Piracicaba, sendo estes estatisticamente diferentes, pois o Cameroon-Piracicaba apresentou menor número de perfilhos.

Os valores obtidos ao NPPM, diferem aos de Rossi (2010), que obteve para Guaçu/IZ.2, Cameroon-Piracicaba e Cana D'África, os respectivos valores 46,0; 33,3 e 36,0 NPPM em um intervalo de 10 meses utilizando dose inferior de N. E aos obtidos por Oliveira (2013), pois Guaçu/IZ.2, Cameroon-Piracicaba e

Cana D'África apresentaram 28,0; 28,0 e 23,0 NPPM, respectivamente em um intervalo de 6 meses com menor adubação de nitrogênio.

De acordo com Veiga (1997), o número de perfilhos de uma cultivar de capim-elefante tende a aumentar com intervalos de corte mais prolongados. No entanto, segundo Silva et al. (2010), o número de perfilhos por metro é uma característica de alta herdabilidade, possibilitando sua transferência em programas de melhoramento da espécie.

Para Ferraris (1979), a emissão de perfilhos basais está diretamente associada ao nível de biomassa e sob intervalos de cortes. 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 seu número por planta (Bhatti et al. 1985). A adaptabilidade e o tipo de resposta a cada condição edafoclimática são características em particular a cada genótipo (Quesada, 2005).

Na característica diâmetro médio do colmo, houve incremento no DC para Cameroon-Piracicaba nos cortes 2 e 3 dentro da dose de 500 kg ha⁻¹, diferindo estatisticamente de Guaçu/IZ.2 e Cana D'África. No corte 2 dentro da dose 1000 kg ha⁻¹, houve incremento no DC para as três cultivares. Já no corte 3 dentro da dose 1000 kg ha⁻¹, não houve incremento para Guaçu/IZ.2.

A cv. Cameroon-Piracicaba apresentou maior diâmetro diferindo estatisticamente das demais no corte 2 e 3 nas diferentes doses utilizadas. Entretanto, Cana D'África foi a que apresentou menor diâmetro no corte 1 dentro da dose 1000 kg ha⁻¹ diferindo estatisticamente de Cameroon-Piracicaba, mas não diferindo de Guaçu/IZ.2.

Os valores do diâmetro variaram de 14,33 mm a 19,86 mm obtendo uma média geral de 16,49 mm, Daher et al. (2000) também encontraram valores semelhantes para diâmetro médio. Pereira et al. (2006) também encontraram valores próximos de diâmetro do colmo, obtendo uma média de 10,8 mm, ilustrando uma considerável amplitude de variação e indicando ser uma característica de alta variabilidade entre os acessos avaliados.

Segundo Mello et al. (2002), o diâmetro de colmo relaciona-se diretamente com a tolerância da planta ao período seco, ou seja, colmos de maior diâmetro são também mais tolerantes à seca, provavelmente devido ao maior conteúdo de compostos de reserva nesses materiais.

No presente estudo a cultivar 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 correlação inversa entre as características diâmetro do colmo e a produção de matéria seca, segundo os autores por conta das condições ambientais em que as plantas se desenvolveram.

Em se tratando da altura média, houve decréscimo na ALT para Cana D'África, nos cortes 2 e 3, diferindo estatisticamente de Cameroon-Piracicaba, somente no corte 2 dentro da dose de 500 kg ha^{-1} , por ter apresentado a menor altura nesse corte. Entretanto, para Guaçu/IZ.2 e Cameroon-Piracicaba houve decréscimo na ALT, somente no corte 3, mas não diferiram estatisticamente. Analisando a resposta das cultivares dentro da dose de 1000 kg ha^{-1} , houve decréscimo na ALT para Guaçu/IZ.2 e Cana D'África nos cortes 2 e 3. Enquanto que Cameroon-Piracicaba manifestou essa resposta somente no corte 3, mas não diferiram estatisticamente nos três cortes.

Os resultados obtidos nos três cortes diferiram dos obtidos por Rossi (2010) com intervalo de 10 meses e por Oliveira (2013) com 6 meses utilizando dose inferior de adubação nitrogenada. No corte 3 os valores obtidos foram inferiores ao obtido por Rossi (2010) e superiores aos de Oliveira (2013), pois em seus trabalhos a altura das cultivares Guaçu/IZ.2, Cameroon-Piracicaba e Cana D'África varriou de 3,70 a 1,88 m, de 3,40 a 2,15 m e de 3,30 a 2,03 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; Mota et al., 2011).

As plantas em déficit hídrico sofrem mudanças em sua anatomia, fisiologia e bioquímica, com intensidade que depende do tipo de planta e do grau de duração do déficit hídrico (Kramer, 1983). Algumas plantas para se adaptar às condições de déficit hídrico, adotam a estratégia de redução da parte aérea em favor das raízes. Com isso, limitam sua capacidade de competir por luz, pela diminuição da área foliar, com conseqüente redução na produtividade (Nabinger, 1997), aceleração na taxa de senescência foliar, inibição do perfilhamento e

ramificações e aceleração da morte dos perfilhos estabelecidos, bem como atraso no crescimento e no desenvolvimento da planta (Buxton et al., 1994).

Segundo Magalhães et al. (2006), o capim-elefante cv. Napier respondeu significativamente ($P < 0,05$) a adubação nitrogenada, pois com a aplicação de 450 kg ha^{-1} de N atingiu uma altura média de 113,37 cm para cinco idades de corte (28, 35, 42, 56 e 84 dias), e em relação às doses de 300 e 150 kg ha^{-1} de N a altura média atingida foi de 104,05 cm e 99,90 cm, respectivamente, pois o nitrogênio participa de todas as moléculas de proteína e faz parte dos elementos que interferem na fotossíntese e na respiração, melhorando, portanto, o metabolismo da planta e seu crescimento.

Variedades de capim-elefante podem atingir alturas elevadas dependendo das condições de clima e manejo. Kannika et al. (2011) avaliando altura do capim-elefante com diferentes intervalos de corte verificaram que aos 12 meses de idade o capim atingiu 5 metros. Oliveira (2013) observou que a altura média das cultivares pesquisadas foi igual a 91,75 cm com oito semanas, este valor foi aumentando ao longo das avaliações de modo que com 24 semanas a altura média observada foi de 188,90 cm. E que as cultivares Capim Cana D'África, Cameroon e Guaçu/IZ.2 apresentaram altura média em 24 semanas igual a 203,00 cm, 215,00 cm e 188,00 cm, respectivamente, e foram uma das que apresentaram as maiores alturas, com exceção de Guaçu/IZ.2. Rossi (2010), observou que a altura média foi 330,00 cm, 340,00 cm e 370,00 cm para as cultivares Capim Cana D'África, Cameroon-Piracicaba e Guaçu/IZ.2, respectivamente. Lima et al. (2006) encontraram valores semelhantes com o mesmo intervalo de corte, obtendo uma média de 305,00 cm em Nova Odessa (SP) e 337,00 cm em Brotas (SP) com a cultivar 'Guaçu'. Pereira et al. (2006) constataram uma ordem crescente nos valores de altura em três cortes avaliados. Segundo Xia et al. (2010) esta variável é correlacionada positivamente com a produtividade.

Para a característica largura média da lâmina foliar, houve decréscimo na LL para Guaçu/IZ.2 e Cana D'África, no corte 2 dentro da dose 500 kg ha^{-1} de N, diferindo estatisticamente do Cameroon-Piracicaba. Já no corte 3, as três cultivares responderam com incremento na LL, mesmo assim Cana D'África por ter apresentado a menor LL, diferiu estatisticamente de Cameroon-Piracicaba,

pois foi a que apresentou a maior LL, enquanto que Guaçu/IZ.2 não diferiu das demais.

As cultivares Guaçu/IZ.2 e Cana D'África apresentaram decréscimo na LL no corte 2 dentro da dose de 1000 kg ha⁻¹ de N. Já no corte 3 houve incremento na LL para as três cultivares, não diferindo estatisticamente nesse corte, porém nos cortes 1 e 2, Cameroon-Piracicaba apresentou maior LL, diferindo estatisticamente de Guaçu/IZ.2, por ter apresentado a menor LL, mas foi estatisticamente igual a cv. Cana D'África.

Os resultados obtidos na largura da lâmina (LL) no corte 3, mostram que esta característica não foi influenciada pelos estresses hídricos, contradizendo com os resultados obtidos por Barreto (2001), cuja conclusão foi de que a largura da lâmina foliar era negativamente influenciada pelo estresse hídrico, sendo que, nas parcelas submetidas a estresse, os valores corresponderam a 23,8; 29,4; 33,3; e 43,7% da largura das folhas das plantas irrigadas, para as cultivares Mott, Roxo de Botucatu e Cameroon e para o híbrido HV-241, respectivamente. Essa diferença, porém, deveu-se principalmente ao fato de as folhas se apresentarem enroladas, o que é comum entre as gramíneas em condições de estresse hídrico, como forma de diminuir a dessecação (Larcher, 1986).

Segundo Silva et al. (2010), as características número de perfilhos basais e aéreos por metro apresentaram alta herdabilidade, evidenciando pouca influência do ambiente na variabilidade entre clones. Considerando a variabilidade entre os clones da RENACE para número de perfilhos basais e aéreos/metro e relação folha/colmo e a alta herdabilidade desses caracteres, é possível obter ganhos genéticos para essas características no melhoramento do capim-elefante na região da Zona da Mata de Pernambuco. Também, 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 herdabilidade. Isso comprova que grande parte da variação entre clones tem causas genéticas e que o ambiente teve pouca influência nos valores obtidos para essas características, a maior parte dos clones avaliados é de florescimento tardio, conforme classificação de Pereira (1993).

Silva et al. (2009) também observaram elevada herdabilidade para variável relação folha/colmo e Cunha (2008) para densidade de perfilhos em genótipos de *Pennisetum sp.* Contudo, estimativas de herdabilidade são próprias do conjunto

de genótipos avaliados e de determinada condição ambiental (Acquaah, 2007). Enquanto que Reis et al. (2008) observaram estimativas de herdabilidade na média das colheitas e locais de 56,9% para altura de plantas e de 58,8% para produtividade de matéria seca. Silva et al. (2009), em clones de *Pennisetum* de porte baixo, observaram herdabilidade de 83% para comprimento de entrenós a 98% para largura da lâmina foliar e diâmetro do colmo, pois menor variação genética encontrada para estes clones, indica que grande parte da variabilidade fenotípica tem causas genéticas.

De acordo com os dados pluviométricos de 762,1mm no primeiro corte, no segundo corte foi de 1.190,0 mm e no terceiro de 390,91 mm é possível observar que no período do primeiro corte (de fevereiro a agosto/setembro de 2011), e do segundo corte (setembro de 2011 a julho de 2012) de modo geral, foi mais favorável ao crescimento das plantas de capim-elefante, uma vez que foi observado neste experimento a maior altura da planta de 443,5 cm no corte 1 e de 420,0 cm no corte 2, valor bem maior do que se verificou no corte 3 de 280,83 cm. Este fato provavelmente se deu por 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 estresse 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 é apontada como um dos principais sintomas do estresse hídrico (Ritchie, 1975). Tal comportamento também foi observado em sete cultivares de capim-elefante (Chavarria 1985, apud Barreto, 2001).

4. RESUMO E CONCLUSÃO

O uso da madeira com fins energéticos começou a apresentar dificuldades no final dos anos 80, seja pelos impactos ambientais, seja 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 pelos pesquisadores, visto o potencial da espécie na utilização alternativa para a produção de energia renovável. Os resultados encontrados são bastante promissores e demonstram ou revelam o potencial do capim-elefante como fonte alternativa de energia através da queima direta da biomassa e em função desses resultados conclui-se que as cultivares, de um modo geral, não diferiram entre si quanto ao potencial para a produção de matéria seca nos cortes realizados nas diferentes doses utilizadas, mesmo sob condições ambientais contrastantes, porém houve um decréscimo na produção de matéria seca e na altura dessas cultivares no corte 3 em virtude dos estresses hídricos ocorridos no período desse corte. Entretanto, Cameroon-Piracicaba, apresentou menor perfilhamento, maiores diâmetro do colmo e largura de lâminas em relação às demais. A cv. Guaçu/IZ.2 tendeu a apresentar valores próximos a cv. Cameroon-Piracicaba, enquanto que Cana D'África apresentou essa tendência apenas em relação à largura da lâmina em maiores doses de adubação nitrogenada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUILAR CHAVARRIA, J.A. **Avaliação da sobrevivência ao estresse hídrico e de outras características morfofisiológicas de sete clones de capim-lefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) em condições controladas.** Recife: UFRPE, 1985. 189p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1985.

ACQUAAH, G. **Principles of plant genetics and breeding.** Oxford: Blackwell Publishing, 2007. 569p.

ANDRADE, J. B.; JÚNIOR, E. F.; BEISMAN, D. A. et. al. (2000) **Avaliação do capim-elefante (*pennisetum purpureum schum.*) visando o carvoejamento.** In: Encontro de Energia no Meio Rural, n.3, Anais, Campinas, SP.

ANDRADE, J. B.; JÚNIOR, E. F.; BEISMAN, D. A. et. al. (2003) **Avaliação do capim-elefante (*pennisetum purpureum schum.*) visando o carvoejamento.** Disponível:www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022000000100029&script=sci_arttext. Acessado em 06 de junho de 2010.

BARBÉ, T. da C. **Variação de Caracteres Morfoagronômicos, Fisiológicos e da Qualidade da Biomassa Energética do Capim-elefante (*Pennisetum***

Purpureum Schum.) em Função da Idade da Planta. 124 f. 2012. Tese (Doutorado em Produção Vegetal)-Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes – RJ, 2012.

BARRETO, G.P., LIRA, M. de A., SANTOS, M.V.F. dos, DUBEUX JÚNIOR, J.C.B. **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., 30(1):1-6, 2001. Disponível em <http://www.sbz.org.br/revista/artigos/2911.pdf>. Acessado em 07/07/2013.

BHATTI, M. B.; MOHAMMAD, D.; SARTAJ, SULTANI, M.I. (1985) **Effect of different interand intra-row spacings on forage yield and quality in elephant grass.** *Pakistan Journal of Agriculture Research*, Karachi, v.6, p.107-112.

BOGDAN, A. V. (1977) **Tropical pasture and fodder plants (grasses and legumes),** *Tropical Agricultural Series*, London. 241p.

BOTREL, M. A.; XAVIER, D. F.; CARVALHO, M. M.; DAHER, R. F.; GOMES, F. T. (1995) **Caracterização morfológica e agrônômica de algumas cultivares de capimelefante.** EMBRAPA-CNPGL, Juiz de Fora, 1995. 24p. (Documentos, 60)

BOTREL, M. A., PEREIRA, A. V., FREITAS, V. P. **Potencial forrageiro de novos clones de capim-elefante.** *Rev. Bras. Zootec.*, v. 29, n-2, p. 334-340, 2000.

COELHO, R. W., ALBUQUERQUE, R. F. de, SIEWERDT, L., ZONTA, E. **Crescimento do Capim- Elefante Anão (*Pennisetum purpureum* Schum.) Cv. Mott, sob Doses Crescentes de Nitrogênio.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado. Documentos 101. ISSN 1516-8840, Pelotas-RS, 2002. Disponívem em http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/download/documentos/documento_101.pdf. Acessado em 26/06/2013.

CORSI, M. **Estudo da produtividade e valor nutritivo do capim-elefante *Pennisetum purpureum* Schum, variedade Napier, submetido a diferentes**

frequências e alturas de corte. Piracicaba, ESALQ, 1972, 239p. Tese de Doutorado.

DAHER, R. F.; VASQUEZ, H. M.; PEREIRA, A. V.; FERNANDES, A. M. (2000) **Introdução e Avaliação de clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.)** em Campos dos Goytacazes, RJ. *Rev. Bras. Zootec.* 29 (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., TARDIN, F. D. (2004). **Análise de trilha de caracteres forrageiros do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.)**. *Ciência Rural.* 34:1531-1535.

DAHER, R. F.; VASQUEZ, H. M.; PEREIRA, A. V. et. al. **Introdução e avaliação de clones de capim-elefante (*P. purpureum* Schum) em Campos dos Goytacazes** – RJ. *Rev. Bras. Zootec*, v. 29, n-5, p.1296-1301, 2000.

DAHER, R. F. **Melhoramento do capim-elefante(*Pennisetum purpureum* Schum.) para produção de biomassa e carvão para o Norte Fluminense)**. Núcleo de energias alternativas. Projeto APQ1-UENF, 2006.

DAHER, R. F. Cruzamentos dialéticos entre capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) e milheto (*Pennisetum glaucum* L.) e suas relações com a divergência genética. Tese (Doutorado em Fotimehoramento)-Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2003, 125p.

EMBRAPA (2006). Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária – EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, p.164.

FERRARIS, R. (1979) **Agronomic studies on elephantgrass as na agro-industrial crop.** In: **Australian Division of Chemical Technology Research Review 1978-1979.** Melbourne: CSIRO. P. 10-22.

FLORES, R. A. (2009) **Produção de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* schum.) para fins energéticos no cerrado: resposta a adubação nitrogenada**

e idade de corte. Tese (Mestrado em Agronomia) -Seropédica -RJ, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro-UFRRJ, 66p.

FLORES, R. A., URQUIAGA, S. S., ALVES, B. J. R., COLLIER, L. S. , ZANETTI, J. B., PRADO, R. M. (2012) **Nitrogênio e idade de corte na qualidade da biomassa de capim-elefante para fins agroenergético cultivado em Latossolo.** Semina: Ciências Agrárias (Online), 16:1282-1288.

FONSECA, J. S. da. , MARTINS, G. A. **Curso de Estatística.** 6ª Ed. São Paulo: Atlas, 1996.

GONÇALES, D. A., VIEIRA, M. E. Q., FERRARI JÚNIOR, E. **Produção, qualidade e morfologia de quatro cultivares de Pennisetum purpureum Schum. Submetidos a quatro idades e duas alturas de corte.** In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1988, Botucatu. Anais... Botucatu: SBZ, 2, p. 551-553.

HAVARD-DUCLOS, B. **Las plantas forrajeras tropicales.** Barcelona: BLUME, 380 p, 1969.

KANNIKA, R., YASUYUKI, I., KUNN, K., PICHIT, P., PRAPA, S., VITTAYA P., PILANNE, V., GANDA, N., 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, 57:135-141.

KÔPPEN, W. (1948) **Climatologia: con um estúdio de los climas de La Tierra.** México: Fondo de Cultura Economica, 479p.

LARCHER, W. 1986. **Ecofisiologia vegetal.** São Paulo: EPU. 319 p.

LEMUS, R.; BRUMMER, E. C.; MOORE, K. J.; MOLSTOD, . E.; BURRAS, C.L.; BARKER, M. **Biomass yield and quality of 20 switchgrass populations in southern Iowa, USA: Biomass and Bionergy,** v.23, p.433-442, 2002.

LEITE, R. M. B., FILHO, J. L. de Q., SILVA, D .S. da. **Produção e valor nutritivo do capim-elefante cultivar Cameroon em diferentes idades.** Agropecuária Técnica, vol.21, n.1/2,2000. Disponível em http://www.cca.ufpb.br/revista/pdf/2000_4.PDF. Acessado em 07/07/2013.

LIMA, J. A.; FERRARI JÚNIOR, E.; ANDRADE, J.B. de; GHISI, O.M.A. (2006) **Avaliação do capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) cv. Guaçu visando a produção alternativa de energia.** In: 43ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, João Pessoa, PB.

MAGALHÃES, J. A.; LOPES, E. A.; RODRIGUES, B. H. N.; COSTA, N. de L.; BARROS, N. N.; MATTEI, D. A. **Influência da adubação nitrogenada e da idade de corte sobre o rendimento forrageiro do capim-elefante.** Revista Ciência Agronômica, v.37, n.1, p.91-96, Fortaleza-CE, 2006.

MALAVOLTA, E.; LIEM T. H.; PRIMAVESI A. C. P. A. **Exigências nutricionais das plantas forrageiras.** In: MATTOS, B. B.; WERNER J. C.; YAMADA T.; MALAVOLTA, E.ed. Calagem e adubação de pastagens. **Potafos**, Piracicaba, p.31-76. 1986.

MAZZARELLA, V. **Projeto prevê a obtenção de energia através da utilização de capim-elefante.** Revista Meio Ambiente Industrial. 24 ed. n. 23, 2000. p.82-83.

MAZZARELLA, V. (2008) **Capim-elefante: A energia renovável moderna.** Documento publicado em www.capim-elefante.org.br. Acesso em 09/11/2011.

MENDONÇA, J. F. B.; ROCHA, G. P.; OLIVEIRA, J. P.; et al. **Composição química e rendimento do Capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) cv. Cameroon.** In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 20, 1983. Pelotas. Anais... Pelotas: SBZ, 1983. P. 318.

MONTEIRO, F. A. **Adubação para estabelecimento e manutenção de capim elefante.** In: CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J.; XAVIER, D. F.; CARVALHO, L. de A., ed. **Capim Elefante, produção e utilização**, Coronel Pacheco, Embrapa CNPGL, 1994, p.49-79.

MORAIS, R. F. **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 (Mestrado em Agronomia)- Seropédica -RJ, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro-UFRRJ, 2008, 73p.

MORAIS, R. F.; SOUZA, B. J. de; LEITE, J. M.; SOARES, L. H. de B.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S. (2009). **Elephant Grass genotypes for bioenergy production by direct biomass combustion.** Pesquisa Agropecuária Brasileira. V. 44, n. 2, p.133-140.

MORAIS, R. F.; ZANETTI, J. B.; PACHECO, B. M.; et al. **Produção e qualidade da biomassa de diferentes genótipos de capim-elefante cultivados para uso energético.** Rev. Bras. De Agroecologia/nov. 2009 Vol. 4 No.

MOTA, V. J. G.; REIS, S. T.; SALES, E. C. J.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; OLIVEIRA, F. G.; WALKER, S. F.; MARTINS, C. E.; CÓSER, A. C. (2010) **Lâminas de irrigação e doses de nitrogênio em pastagem de capim-elefante no período seco do ano no norte de Minas Gerais.** Rev.bras. zootec., 39:1191-1199.61

MOTA, V. J. G.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; REIS, S. T.; SALES, E. C. J.; OLIVEIRA, F. G.; GOMES, V. M.; MARTINS, C. E.; CÓSER, A. C. (2011) **Lâminas de irrigação e doses de nitrogênio em pastagem de capim-elefante no período chuvoso no norte de Minas Gerais.** Rev. Bras. Saúde Prod. An. 12:908-922.

MOTTA, da R. S.; FERRAZ, C.; YOUNG C. E. F.; et al. **O mecanismo de desenvolvimento limpo e o financiamento do desenvolvimento sustentável no Brasil.** Rio de Janeiro: Instituto de Economia Aplicada, 2000. 46 p.

NASCIMENTO JR., D. **Informações sobre plantas forrageiras.** Viçosa, MG, UFV- Imprensa Universitária, 1981. 56p.

OLIVEIRA, E. da S. **Variação de caracteres morfoagronômicos e da qualidade da biomassa em seis genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum***

Schum.) em função de diferentes doses de nitrogênio e análise da viabilidade econômica em Campos dos Goytacazes, RJ. 120 f. 2012. Tese (Doutorado em Produção Vegetal)-Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes-RJ , 2012.

OLIVEIRA, A. V. de. **Avaliação do desenvolvimento inicial e de características morfoagronômicas e da qualidade de biomassa energética de 73 genótipos de capim-elefante em Campos dos Goytacazes-RJ.** 64 f. 2013. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)-Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes-RJ, 2013.

PEDREIRA, C. G. S.; NUSSIO, L. G.; SILVA, S. C. da. **Condições Edafo-climáticas para Produção de Cynodon spp.** In: Anais do 15º Simpósio sobre Manejo da Pastagem. FEALQ. p. 85-113, 1998.

PEREIRA, A. V.; DAHER, R. F.; PEREIRA, M. G.; LEDO, F. J. da S.; SOBRINHO, F. de S.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; FREITAS, V. de P.; PEREIRA, T. N. S.; FERREIRA, C. F.(2006) **Análise de cruzamentos dialélicos entre capim-elefante (Pennisetum purpureum Schum.) e milho (Pennisetum glaucum (L.) R. BR. 2. Características bromatológicas.** Acta Sci. Agron. V. 28, n. 2, p. 277-285.

PEREIRA, G. E. **Uma Nova Fonte Alternativa de Energia.** Artigo Exclusivo: Capim elefante, Jornal Biomassa BR. Disponível em: <http://www.biomassabr.com/bio/resultadonoticias.asp?id=1907>. Acessado em 20/12/2012.

PIMENTEL-GOMES, F. (2000) **Curso de estatística experimental.** 4.ed. Piracicaba: Nobel, 477p.

QUEIROZ FILHO, J. L. de; SILVA, D. S. da; NASCIMENTO, I. S. do. (1998) **Produção de matéria seca de cultivares e qualidade de cultivares de capim-elefante (Pennisetum purpureum Schum.).** Revista Brasileira de Zootecnia, v.27, p.262-266.

QUESADA, D. M. (2001) **Seleção de genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) para alta produção de biomassa e eficiência da fixação biológica de nitrogênio (FBN)**. Seropédica, RJ. Dissertação (Mestrado) 140p.

QUESADA, D. M.; BODDEY, R. M.; REIS, V. M.; URQUIAGA, S. (2004) **Parâmetros qualitativos de genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) estudados para a produção de energia através da biomassa**. Circular Técnica 8, Seropédica, RJ

QUESADA, D. B. (2005) **Parâmetros quantitativos e qualitativos de diferentes genótipos de capim-elefante com potencial para uso energético**. Tese (Doutorado em Agronomia) - Seropédica – RJ, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ, 76p.

RITCHIE, J. T. (1975). **Atmospheric and soil water influences on the plant water balance**. In: STONE, J.F. (Ed.) Plant modification for more efficient water use. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Company. p.183-198.

RODRIGUES, L. R. de A.; PEDREIRA, J. V. S.; MATTOS, H. B. de. **Adaptação ecológica de algumas plantas forrageiras**. Zootecnia, Nova Odesa, V.13, n. 4, p. 201- 218, 1975.

ROSSI, D. A. **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 (Mestrado em Produção Vegetal)-Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes-RJ, 2010.

SANTANA, J. R.; PEREIRA, J. M.; ARRUDA, N. G.; et al. **Avaliação de cultivares de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) no sul da Bahia**. I Agrossistema Cacaueiro. Rev. Bras. Zootec., Viçosa, v.18, n.3, p. 273-282, 1989.

SANTANA, J. R.; PEREIRA, J. M.; RUIZ, M. A. M. (1994) **Avaliação de cultivares de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) no sudoeste da Bahia**. II Agrossistema Itapetinga. Rev. Bras. Zootec., Viçosa, v.23, n.4, p.507-517

SANTOS, E. A. dos; Silva, D. S. da; Queiroz Filho, J. L. de (2001) **Composição Química do Capim-Elefante cv. Roxo Cortado em Diferentes Alturas**. Rev.bras. zootec., v. 30, n.1, p.18-23.

SANTOS, M. V. F.; DUBEUX JR., J. C. B.; SILVA, M. C. (2003) **Produtividade e composição química de gramíneas tropicais na Zona da Mata de Pernambuco**. Revista Brasileira de Zootecnia, v.32, n.4, p.821-827.

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., SILVA, M. C. (2010) **Variabilidade e herdabilidade de caracteres morfológicos em clones de capim-elefante na Zona da Mata de Pernambuco**. R. Bras. Zootec., 39:2132-2140.

SILVA, S. H. B. da; SANTOS, M. V. F.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; FERREIRA, R. L. C.; LIRA, M. de A.; FREITAS, E. V. (2009). **Uso de descritores morfológicos e herdabilidade de caracteres em clones de capim-elefante de porte baixo**. R. Bras. Zootec. vol.38 no.8 Viçosa. Disponível em: http://link.periodicos.capes.gov.br/sfxlcl41?ctx_ver=Z39.882004&ctx_enc=info:ofi/enc:UTF-8&ctx_tim=2013-10-05T18%3A10%3A07IST&url_ver=Z39.88-2004&url_ctx_fmt=info:ofi/fmt:kev:. Acessado em 28/05/2013.

SILVA, E.; ROCHA, C. R. (2010). **Eucalipto e capim elefante: características e potencial produtivo de biomassa**. Revista Agrogeoambiental, 2:143-152.

SOUZA SOBRINHO, F. de; PEREIRA, A. V.; LEDO, F. J. da S.; BOTREL, M. A., OLIVEIRA, J. S., XAVIER, D. F. (2005) **Avaliação agrônômica de híbridos interespecíficos entre capim-elefante e milho** *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v.40, n.9,p.873-880.

TESSEMA, Z. K.; MIHRET, J.; SOLOMON, M. (2010) **Effect of defoliation frequency and cutting height on growth, dry-matter yield and nutritive value of Napier grass (*Pennisetum purpureum* (L.) Schumach).** *Grass and Forage Science*, 65:421–430.

URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; 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

VAN SOEST, P. J. (1994) **Nutritional ecology of the ruminant.** Ithaca: Cornell University Press. 476p.

VAN SOEST, P.J. 1964. **Symposium on nutrition and forage and pasture new hemical procedures for evaluating forages.** *J. Anim. Sci.*, 23(3):838-845.

VEIGA, J.B. (1997) **Utilização do capim-elefante sob pastejo** In: *Capim-elefante produção e utilização* (Eds. Carvalho, M. M., Alvim, M. J., Xavier, D. F., Carvalho, L. de A.) 2 ed, ver. Brasília: EMBRAPA-SPI/ Juiz de Fora: Embrapa-CNPGL.

VILELA, H.; CERIZE, D. (2008) **Capim-elefante Paraíso na geração de energia.** Disponível em: <http://www.boiapasto.com.br/capim-elefante-paraíso-na-geração-de-energia/>. Acesso em: 08/06/2009.

XAVIER, D. F.; BOTREL, M. A.; DAHER, R. F.; GOMES, F. T.; PEREIRA, A. V. (1995) **Caracterização Morfológica e Agronômica de Algumas Cultivares de Capim-Elefante Embrapa-CNPGL.** Documentos,60.

VIGTech Biotecnologia-Bionergia. **Fórum de discussão de produção de biomassa e biogás através de capim-elefante.** <http://vigtech.com.br/press/>, Acessado em 26/02/2013.

VIGTech Biotecnologia. **Plantando hoje o futuro.** Disponível em: <http://vigtech.com.br/>, Acessado em 05/06/2013 e 09/11/2013.

WERNER, J.C. **Adubação de Pastagens**. Nova Odessa, Instituto de Zootecnia, Secretária de Agricultura e Abastecimento, 1984, 49p. (Boletim Técnico, 18).

XIA, Z., HONGRU, G., CHENGLONG, D., XIAOXIAN, Z., JIANLI, Z., NENGXIANG, X. (2010) **Path coefficient and cluster analyses of yield and morphological traits in *Pennisetum purpureum***. *Tropical Grasslands*, 44:95–102.

ZANETTI, J. B.; MORAIS, R. F.; LEITE, J. M.; SOARES, L. H. B.; JANTALIA, C. P.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. S.; BODDEY, R. (2009). **Produção e qualidade da biomassa de genótipos de capim-elefante para uso como fonte de energia**. 4^o Congresso Internacional de Bioenergia, , Curitiba-PR.

CAPÍTULO 2. EFEITO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA E FOSFATADA NAS CARACTERÍSTICAS MORFOAGRONÔMICAS EM TRÊS CULTIVARES DE CAPIM-ELEFANTE PARA PRODUÇÃO DE BIOMASSA NO SUL DO ESPÍRITO SANTO.

RESUMO

SANTOS, Márcia Maria Paes; D. Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Setembro de 2013; Efeito da adubação nitrogenada e fosfatada nas características morfoagronômicas em três cultivares do capim-elefante para produção de biomassa no Sul do Espírito Santo. Orientador: Prof. D.Sc. Rogério Figueiredo Daher. Coorientador: Prof. Niraldo José Ponciano. Conselheiros: Geraldo de Amaral Gravina e Antonio Vander Pereira.

O capim-elefante é uma poaceae tropical de origem africana capaz de se adaptar às várias condições edafoclimáticas, e vem despertando a cada dia o interesse no setor energético por sua alta produtividade e rápido crescimento. Em busca de fontes de energia mais eficientes, a biomassa do capim-elefante é uma alternativa. Objetivou-se avaliar efeitos de quatro doses de adubação fosfatada e cinco de nitrogenada em cultivares de capim-elefante por meio de características morfoagronômicas. Conduziu-se um experimento em delineamento em blocos casualizados no esquema de parcelas subdivididas sob cinco níveis de adubação nitrogenada (0, 500, 1000, 1500 e 2000 Kg ha⁻¹ de N) e quatro de adubação fosfatada (50, 100, 200 e 400 Kg ha⁻¹ de P₂O₅), com três repetições para cada tratamento. As cultivares foram distribuídas nas parcelas, comportando quatro linhas de plantio de 12,0 m de comprimento, e cada linha da subparcela comportou cinco subsubparcelas com 2,40 m de comprimento com área de 3,60 m². Na obtenção dos dados retiraram-se da subsubparcela amostras em 1 m na

linha de plantio, resultando na área útil de 1,50 m². Essas foram medidas, pesadas e secas em estufa a 65°C sob circulação de ar forçada por 72 horas e posteriormente em estufa com ventilação de ar forçada, a 105°C por 24 horas, servindo este parâmetro para expressar a produção de matéria seca em t ha⁻¹. Foram avaliadas as características: Produção de Matéria Seca (PMS) em t ha⁻¹; Percentagem de Matéria Seca (%MS); Número de Plantas por Metro (NPPM); Diâmetro Médio do Colmo (DC); Altura Média das Plantas (ALT) e Largura Média da Lâmina Foliar (LL). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância individual no modelo estatístico de parcelas subdivididas, utilizando o Software SAEG, verificou-se não significância para efeito de fósforo e para as interações que envolveram esse fator e também para a interação genótipo e nitrogênio, mas o fator nitrogênio foi altamente significativo ($P < 0,01$) para as características PMS, ALT e NPPM, e o fator genótipo altamente significativo ($P < 0,01$) para o DC e NPPM, e significativo ($P < 0,05$) para ALT, no entanto não houve significância para LL em nenhum fator. Posteriormente aplicou-se o teste de Tukey a 5% e utilizou-se o aplicativo GENES estimando modelos de equações na obtenção do máximo físico, sob cinco doses de adubação nitrogenada para cada cultivar. Concluiu-se que as cultivares, de um modo geral, não diferiram entre si quanto ao potencial para a produção de matéria seca no corte realizado nas diferentes doses de nitrogênio utilizadas, mesmo em condições de estresse hídrico, demonstrando tendência de aumento nessa característica em função das doses crescentes de nitrogênio, portanto o modelo de regressão que melhor se ajustou a esse fenômeno foi o de 2º grau para Cana D'África, sendo altamente significativo com $R^2 = 96,96\%$, e Guaçu/IZ.2 teve efeito significativo com $R^2 = 97,17\%$, em nível de 5% , enquanto que Cameroon-Piracicaba apresentou modelo de regressão de 2º grau em nível de 10% pelo teste de F, com $R^2 = 97,76\%$. A cultivar Cana D'África respondeu positivamente ao incremento da dose de N, demonstrando regressão para NPPM, por meio do modelo quadrático em nível de significância de 1% pelo teste F, com $R^2 = 84,93\%$, atingindo o perfilhamento máximo de 33 plantas m⁻¹, na dose de 1.146,13 kg ha⁻¹ de N. A cultivar Cameroon-Piracicaba diferiu estatisticamente das demais no DC em todas as doses de N utilizadas, e o modelo que melhor se ajustou foi o de 2º grau, com $R^2 = 82,00\%$, em nível de 5% de significância, pois respondeu positivamente ao aumento dos níveis da adubação nitrogenada, atingindo a largura máxima de 6,52 cm utilizando a

adubação máxima de 1.238,62 kg ha⁻¹ de N, diferindo das outras na dose de 1500 kg ha⁻¹ de N, entretanto na dose de 500 kg ha⁻¹ diferiu somente de Cana D'África, e esta diferiu estatisticamente de Guaçu/IZ.2 sem adubação nitrogenada. O modelo que melhor se ajustou para Cana D'África foi o de 1º grau em nível de 1% de significância, com R² = 93,54%, indicando uma tendência de crescimento da lâmina foliar com aumento da adubação nitrogenada e nas condições em que foi avaliada em Alegre-ES.

ABSTRACT

SANTOS, Márcia Maria Paes; D. Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. September, 2013. Effect of nitrogen and phosphorus fertilization on the agronomic characteristics of three cultivars of elephant grass for biomass production in the south of Espírito Santo. Advisor: Prof. D.Sc. Rogério Figueiredo Daher. Co-advisor: Prof. Niraldo José Ponciano. Committee Members: Geraldo de Amaral Gravina and Antonio Vander Pereira.

Elephant grass is a tropical poaceae originated from African and able to adapt to various environmental conditions, and it is attracting business interests in the energy sector for its high productivity and rapid growth. In search of more efficient energy sources, biomass elephant grass is an alternative. This study aimed to evaluate the effects of four levels of phosphorus and nitrogen in five cultivars of elephant grass through agronomic characteristics. We carried out an experiment in a randomized block design in split split plot scheme under five levels of nitrogen fertilization (0, 500, 1000, 1500 and 2000 kg ha⁻¹ N) and four phosphorus (50, 100, 200 and 400 kg ha⁻¹ P₂O₅), with three replicates for each treatment. The cultivars were distributed in plots comprising four planting rows of 12.0 m in length, and each row of subplots behaved five subsubportion with 2.40 m long with an area of 3.60 m². In obtaining data withdrew from subsubplot samples at 1 m in the row, resulting in the area of 1.50 m². These were measured, weighed and dried at 65 ° C under forced air circulation for 72 hours and subsequently in an oven with forced air ventilation at 105 ° C for 24 hours, serving this parameter to express the dry

matter yield in $t\ ha^{-1}$. Characteristics were evaluated: Production of Dry Matter (PMS) in $t\ ha^{-1}$; Percentage of dry matter (% MS), Number of Plants by Metro (NPPM); Average Diameter of Culm (DC); Average Height of Plants (ALT) Width and Average Leaf Blade (LL). Data were subjected to analysis of variance in individual statistical model of split plots using the Software SAEG, there was no significant effect for phosphorus and interactions involving this factor and also for genotype and nitrogen, but the nitrogen was highly significant ($P < 0.01$) characteristics for PMS, ALT and NPPM, and highly significant factor genotype ($P < 0.01$) for DC and NPPM, and significant ($P < 0.05$) for ALT, however not significant for LL on any factor. Planned later become the Tukey test at 5% and used the application GENES estimating equation models for obtaining the maximum physical under five doses of nitrogen for each cultivar. It is concluded that the cultivars, in general, did not differ regarding the potential for the production of dry matter in the court held at different nitrogen fertilizer rates, even under conditions of water stress, showing increasing trend in this characteristic function of increasing doses of nitrogen, so the regression model that best fit this phenomenon was the 2nd degree for Cana D'Africa, are highly significant, with $R^2 = 96.96\%$ and had no significant effect Guaçu/IZ.2 with $R^2 = 97.17\%$ at 5%, while Piracicaba-Cameroon showed regression model 2nd grade the level of 10% by F test, with $R^2 = 97.76\%$. Cultivar Cana D'Africa responded positively to the increase of N, showing regression NPPM through the quadratic model at a significance level of 1% by the F test, with $R^2 = 84.93\%$, reaching the maximum tillering 33 plants m^{-1} at a dose of 1146.13 $kg\ ha^{-1}$ N. Cultivar-Cameroon Piracicaba statistically different from the other in DC at all N rates, and the model that best fit was the 2nd degree, with $R^2 = 82.00\%$, the 5% level of significance, since responded positively to increased levels of nitrogen fertilization, reaching a maximum width of 6.52 cm using the maximum fertilization 1238.62 $kg\ ha^{-1}$ N, differing from the other in the dose of 1500 $kg\ ha^{-1}$ of N, however the dose 500 $kg\ ha^{-1}$ differed only from Cana D'Africa, and this was statistically different from Guaçu/IZ.2 without nitrogen fertilization. The model that best fit for Cana D'Africa was the 1st grade at 1% significance level, with $R^2 = 93.54\%$, indicating a trend of growth of the leaf blade with increased nitrogen fertilization and the conditions in which was evaluate in Alegre-ES.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a introdução do capim-elefante ocorreu em 1920 (Sacchet et al., 1987), sendo largamente conhecido em todo o país, por meio de dezenas de genótipos. Trata-se de uma poaceae perene, atingindo mais de cinco metros de altura, formando densas touceiras. Estas características, aliadas à sua alta rusticidade, à fácil multiplicação, à resistência considerável à seca e ao frio, ao bom valor nutritivo e de boa palatabilidade, justificaram a sua grande aplicabilidade na alimentação de animais e a sua indicação como uma espécie com alto potencial energético, isso é devido à otimização da energia solar pela planta.

A energia da biomassa nada mais é do que a energia solar armazenada através do metabolismo da planta pela fotossíntese (Taiz e Zeiger,1998). Isto significa que quanto maior for o crescimento da massa vegetal em um período curto de tempo, mais eficiente será o aproveitamento da energia solar pela planta.

Neste sentido, as poaceaes forrageiras apresentam crescimento mais acelerado que outras fontes vegetais, como a madeira. De fato, o ganho primário da utilização desta espécie, e de outras poaceaes como fonte de energia alternativa, é a própria potencialidade de acumulação de biomassa que estas espécies apresentam (Danalatos et al 2007; Monti et al., 2007). Independente da forma de utilização pretendida a elevada produtividade de biomassa é desejada e

algumas características morfológicas do capim-elefante são altamente correlacionadas com a produção de biomassa (Xia, 2010; Daher et al., 2004). Portanto, se faz necessário entender a dinâmica destas características durante o desenvolvimento das plantas para possibilitar escolha de genótipos adequados para finalidades distintas. Para as forrageiras de clima temperado, a temperatura ótima de crescimento situa-se ao redor de 20 °C, enquanto, as espécies de clima tropical produzem pouco em temperaturas de 15 a 17 °C, atingindo a máxima taxa de crescimento ao redor de 35 a 40 °C para as poaceas (Witheman, 1980).

Em condições de secas, as plantas desenvolvem sistema radicular profundo que pode ser reduzido em condição da deficiência induzida de N, P e K antes de ocorrer o estresse hídrico, visto que nas camadas mais profundas do solo, a água não é acompanhada pelo mesmo fluxo de nutrientes. Assim, pode uma forrageira com sistema radicular mais raso, porém bem ramificado, apresentar semelhante resultado sob seca, pois exploram mais intensivamente as camadas superiores, fornecendo nutrientes às suas raízes através de um fluxo de massa mínimo (Lemaire et al., 1997).

O manejo adequado dos fertilizantes, principalmente os nitrogenados, considerando a pobreza na disponibilidade deste nutriente no solo, será fundamental para obter ganhos de produtividade (Flores et al., 2013), assim é importante adequar o uso dos nutrientes no sistema de produção do capim-elefante para otimizar os ganhos em energia renovável.

Atualmente, em função do elevado potencial de produção de biomassa do capim-elefante está sendo utilizado na forma de combustão direta, no fornecimento de calor, substituindo a lenha ou o carvão vegetal. Esta fonte energética poderá substituir o carvão artesanal extraído de forma predatória de florestas nativas, que tem provocado danos ambientais, tais como acelerado assoreamento e conseqüente morte de diversos rios.

Cultivares melhoradas de capim-elefante poderão constituir-se em uma das mais importantes demandas dos produtores da região Sul capixaba, tornando-se intensa a procura de variedades para produção de biomassa adaptadas aos diferentes ecossistemas e às condições edafoclimáticas. A sua inserção como fonte de energia renovável, do ponto de vista socioeconômico e ambiental, contribuirá significativamente no agronegócio diminuindo os impactos ambientais provocados pelo uso predatório de florestas nativas, que têm causado

danos ambientais, tais como acelerado assoreamento e consequente morte de diversos rios, uma vez que as derrubadas de árvores e queima dos combustíveis fósseis têm sido a fonte de energia no fornecimento de calor utilizada em cerâmicas, olarias ou caldeiras na região.

Neste contexto a pesquisa buscou avaliar os efeitos de diferentes doses de adubação fosfatada e nitrogenada, identificando os níveis de máximo físico em características morfoagronômicas de três cultivares de capim-elefante: Guaçu/IZ.2, Cameroon-Piracicaba e Cana D'África, no município de Alegre, situado ao sul do Espírito Santo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e Delineamento Experimental

O experimento foi instalado em 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, sendo essas informações obtidas pelo DATUM-SIRGAS 2000. O clima é classificado por Koppen, como sendo do tipo CWA, com estação seca no inverno, e verão quente e chuvoso.

O solo foi amostrado na profundidade de 0-20 cm para fazer análise granulométrica e química e apresentou: Areia 76,25%; Silte 2,52% e Argila 21,23%, pH em 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 %, realizada pelo Laboratório de Física do Solo do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, localizada no município de Alegre-ES, sendo o solo classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Eutrófico (EMBRAPA, 2006).

Nesta área foi conduzido um experimento não irrigado em Delineamento em Bloco Casualizado (DBC), no esquema de parcelas subdivididas sob cinco níveis de adubação nitrogenada e quatro de adubação fosfatada, com três repetições para cada tratamento.

A área experimental utilizada foi constituída de 36 linhas de 12 m cada uma, o plantio foi realizado em 22 de abril de 2010, em sulcos de 10,0 cm de profundidade no espaçamento de 1,50 m entre linhas, sendo colocado o fósforo (P) nas dosagens recomendadas e posteriormente misturado com o solo para o enchimento do sulco. Em seguida foram distribuídas as mudas, nos respectivos sulcos no sistema de pé com ponta, cortadas e cobertas a uma profundidade de 3,0 cm. Cada linha da subparcela de 12,0 m de comprimento comportou 5 subsubparcelas com 2,40 m de comprimento, denominada de unidade experimental (UE), com área de 3,60 m² cada. Os genótipos (G1, G2 e G3) ficaram nas parcelas e o fósforo foi casualizado nas subparcelas (50, 100, 200 e 400 Kg ha⁻¹ de P₂O₅). As doses de N subsubparcelas (0, 500, 1000, 1500 e 2000 Kg ha⁻¹ de N) na fonte de ureia, foram casualizadas nas subsubparcelas e distribuídas em 5 aplicações durante o ciclo vegetativo da cultura, durante o período chuvoso.

O primeiro corte de uniformização foi realizado em 4 de novembro de 2010; o segundo corte de uniformização, 90 dias após o primeiro (fevereiro de 2011). O terceiro corte foi feito em janeiro de 2013 para a obtenção de dados referentes aos objetivos da pesquisa, portanto, cada parcela (genótipos) comportou quatro linhas de plantio. Para a obtenção da área útil nas parcelas, retirou-se de cada linha 1,00 m de cada subsubparcela com área de 1,50 m². Este procedimento foi feito para analisar o comportamento de cada cultivar nas diferentes doses de nitrogênio e fósforo.

Com os dados obtidos por meio das amostras referentes ao 3º corte em janeiro de 2013, realizou-se análise estatística individual no modelo estatístico de parcelas subdivididas no espaço, utilizando o Software SAEG para verificar a significância dos fatores e interação genótipos x tratamentos, aplicando o teste de Tukey a 5%; havendo existência significativa, posteriormente, foi utilizado o GENES para verificar os potenciais das cultivares Guaçu/IZ.2, Cameroon-Piracicaba e Capim Cana D'África, estimando modelos de equações na obtenção do máximo físico, sob diferentes doses de adubação nitrogenada para cada cultivar.

2.1.1 Procedimentos para obtenção das características morfoagronômicas

Para obtenção da área útil nas parcelas, retirou-se de cada linha 1,00 m de cada subsubparcela totalizando área de 1,50 m². As características morfoagronômicas avaliadas em amostras de plantas inteiras foram:

- a) produção de matéria seca da planta integral (PMS) - estimada pelo produto do peso da matéria verde das plantas integrais (kg), obtido em balança digital, provenientes de 1,5 metros quadrados (1,5 m²), pela percentagem de matéria seca da planta integral (%MS) obtida de amostragem destas plantas. O valor obtido (kg/m²) foi convertido para t ha⁻¹;
- b) percentagem de matéria seca da planta integral (%MS) - estimada em amostras de plantas inteiras extraídas aleatoriamente dentre as plantas cortadas da área útil, pesadas e submetidas à pré-secagem em estufa de ventilação forçada, a 65°C por 72 horas e pesadas novamente para a obtenção da percentagem de matéria seca da planta integral (%MS), realizada de acordo com a metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002). Após a secagem, as amostras foram moídas (1 mm) em moinho tipo Wiley e acondicionadas em vidros. Os teores de matéria seca foram obtidos mediante secagem em estufa com ventilação de ar forçada, a 105°C, servindo este parâmetro como base para expressar a produção de matéria seca em t ha⁻¹(PMS);
- c) altura média das plantas (ALT) - expressa em m, medida com régua graduada em cm a partir do solo até o ápice das folhas eretas, momentos antes do corte da amostra para avaliação, baseando-se na altura de três plantas da área útil;
- d) número de perfilhos por metro linear (NPPM) - obtido pela contagem do número de perfilhos com altura superior a 70 cm oriundos da área útil da subsubparcela, momentos antes do corte de avaliação;
- e) diâmetro médio do colmo na base da planta (DC) - expresso em mm, medido a 10 cm do nível do solo através do uso de paquímetro digital, momentos antes do corte de avaliação;
- f) largura da lâmina foliar (LL) – expressa em cm, medida com régua milimetrada no terço médio da lâmina foliar de três amostras das plantas inteiras.

2.2. Análise dos Resultados

Os dados obtidos do campo experimental, referentes às características morfoagronômicas avaliadas foram submetidos à análise de variância individual pelo teste de F, posteriormente aplicou-se o teste de Tukey a 5% para comparação das médias por meio do software GENES. Posteriormente foi feita a análise de variância utilizando Aplicativo computacional em Genética e Estatística - Programa Genes (Cruz, 2006) da Universidade Federal de Viçosa, para obtenção dos aspectos dos modelos biométricos de delineamentos e regressão.

2.2.1 Análise de Variância

A análise de variância para as características morfoagronômicas foi realizada no modelo de delineamento estatístico de blocos ao acaso, no esquema de parcelas subdivididas, por meio do software SAEG versão 9.0, considerado efeito principal de genótipo (clones) e os efeitos secundários de blocos, dos níveis de fósforo e nitrogênio descrito a seguir:

$$Y_{ijkl} = \mu + B_l + G_i + \varepsilon_a + P_j + G_i P_j + \varepsilon_b + N_k + G_i N_k + P_i N_k + G_i P_j N_k + \varepsilon_c$$

em que:

Y_{ijkl} = valor observado relativo ao i-ésimo genótipo, no j-ésimo fósforo, no k-ésimo nitrogênio e no l-ésimo bloco;

μ = média geral do ensaio;

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;

P_j = efeito do j-ésimo fósforo;

$G_i P_j$ = efeito da interação do i-ésimo genótipo com o j-ésimo fósforo;

ε_b = efeito do erro b associado ao i-ésimo genótipo ao j-ésimo fósforo no l-ésimo bloco;

N_k = efeito do k-ésimo nitrogênio;

$G_i N_k$ = efeito da interação do i-ésimo genótipo com k-ésimo nitrogênio;

$P_j N_k$ = efeito da interação do j-ésimo fósforo com k-ésimo nitrogênio;

$G_i P_j N_k$ = efeito da interação do j-ésimo genótipo com J-ésimo fósforo e k-ésimo nitrogênio;

ε_c = efeito do erro c associado ao i-ésimo genótipo ao j-ésimo fósforo e k-ésimo nitrogênio no l-ésimo bloco.

$\varepsilon_a, \varepsilon_b$ e $\varepsilon_c \sim \text{NID}(0, \sigma_{\varepsilon_{a,b,c}}^2)$.

O esquema da análise de variância individual às hipóteses foi testado pelo teste de F.

Tabela 1. Análise de variância individual, no esquema de parcelas subdivididas.

| FV | GL | QM | F |
|-----------------|-------------------------|-----------|-----------------|
| R | (r - 1) | QMR | |
| G | (a - 1) | QMG | QMG/QMErro(a) |
| **Erro(a) | (r - 1)(a - 1) | QMErro(a) | |
| (Parcela) | (ar - 1) | | |
| P | (b - 1) | QMP | QMP/QMErro(b) |
| G × P | (a - 1)(b - 1) | QMGP | QMGP/QMErro(b) |
| **Erro(b) | (ab - a)(r - 1) | QMErro(b) | |
| (Subparcela) | (abr - 1) | | |
| N | (c - 1) | QMN | QMN/QMErro(c) |
| G × N | (a - 1)(c - 1) | QMGN | QMGN/QMErro(c) |
| N × P | (b - 1)(c - 1) | QMNP | QMNP/QMErro(c) |
| G × P × N | (a - 1)((b - 1)(c - 1)) | QMGNP | QMGNP/QMErro(c) |
| **Erro(c) | (abc - ab)(r - 1) | QMErro(c) | |
| (Subsubparcela) | (abcr - 1) | | |

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Condições Climáticas

Os dados meteorológicos referentes à precipitação pluviométrica mensal, à temperatura, à umidade relativa do ar, à evapotranspiração e ao balanço hídrico, registrados no período de julho de 2012 a 14 de janeiro de 2013, no IFES-Campus de Alegre, no Sul do Espírito Santo, encontram-se na Tabela 2. Analisando os dados, observa-se que durante o período de avaliação, foi registrado um total de 390,95 mm de precipitação pluviométrica, abaixo do mínimo preconizado por Rodrigues et al. (1975), que afirmam que o capim-elefante desenvolve-se bem em locais onde a precipitação varia de 800 a 4000 mm ano⁻¹.

Tabela 2. Precipitação pluviométrica (Pe), temperatura (°C), umidade relativa do ar (UR), evapotranspiração potencial diária (ETP) e balanço hídrico (BH) registrado no período de julho de 2012 a 14 de janeiro de 2013 no Município de Alegre no Sul do Espírito Santo.

| Mês/Ano | N° dias | Pe (mm) | Temperatura (°C) | | | UR (%) | ETP (mm) | BH (mm) |
|---------|---------|------------|------------------|-------|-------|-----------|-------------|------------|
| | | | Med | Max | Min | | | |
| 07/12 | 2 | 7,70 | 20,90 | 28,80 | 15,00 | 71,00 | 3,20 | -49,90 |
| 08/12 | 9 | 52,31 | 20,90 | 27,40 | 15,90 | 75,00 | 3,40 | -53,09 |
| 09/12 | 5 | 49,10 | 22,70 | 29,80 | 16,80 | 68,00 | 4,50 | -85,90 |
| 10/12 | 3 | 30,50 | 25,30 | 32,80 | 19,00 | 63,00 | 5,60 | -143,10 |
| 11/12 | 19 | 217,40 | 23,90 | 29,00 | 20,50 | 79,00 | 4,50 | 82,40 |
| 12/12 | 4 | 33,90 | 27,80 | 35,30 | 22,50 | 69,00 | 6,30 | -161,40 |
| 01/13 | 0 | 0,00 | 27,20 | 33,50 | 22,20 | 65,00 | 5,80 | -81,40 |

Fonte: IFES-Campus de Alegre

De acordo com os dados apresentados, a precipitação pluviométrica no período foi menor que o indicado para um bom crescimento da cultura. Durante o desenvolvimento das cultivares, estas sofreram dois estresses hídricos nos períodos críticos de estiagem registrados nos meses de outubro e dezembro com a precipitação total mensal de 30,50 mm e 33,90 mm, causando um déficit no balanço hídrico (BH) de 143,10 mm e 161,40 mm, respectivamente. Os efeitos dos fatores climáticos no crescimento e desenvolvimento, assim como na partição de carbono entre os órgãos, são importantes nas taxas de crescimento dos vegetais (Norman et. al,1995).

O conhecimento do comportamento da planta forrageira em condições de estresse hídrico é de grande importância prática para auxiliar no entendimento dos efeitos do período seco na produção de forragem, possibilitando o uso de práticas de manejo para melhor utilização do pasto durante esse período (Araújo et. al, 2010).

3.2 Análise de Variância

Os resultados das análises de variância simples para as características morfoagronômicas avaliadas envolvendo três genótipos sob quatro doses de fósforo e cinco de nitrogênio, apresentados na Tabela 3, evidenciaram efeito não significativo ($P > 0,05$) pelo teste F para todas as características morfoagronômicas nas fontes de variação do fator fósforo, das interações genótipo e fósforo, genótipo e nitrogênio, nitrogênio e fósforo e da interação tripla genótipo, fósforo e nitrogênio, indicando independência entre os fatores. Para as fontes de variação genótipo houve efeito não significativo ($P > 0,05$), para as características PMS, %MS e LL, e para o fator nitrogênio o DC e LL. Entretanto, houve efeito altamente significativo ($P < 0,01$) na fonte de variação nitrogênio para as seguintes características morfoagronômicas PMS, NPPM e ALT, somente para a característica %MS o efeito foi significativo ($P < 0,05$), enquanto que para o fator genótipo houve efeito significativo ($P < 0,05$) para ALT e altamente significativo ($P < 0,01$) para DC e NPPM. Assim, observou-se que o efeito adubação nitrogenada, não influenciou no diâmetro do colmo e na largura da lâmina do capim-elefante e que a variação dessas características pode ser devido ao fator genético.

Os valores dos coeficientes de variação (CV) para as variáveis estudadas foram relativamente médios e aceitáveis, exceto para a característica PMS e NPPM, que apresentaram um cv alto de 21,42% e 22,32%, respectivamente. Segundo Fonseca e Martins (1996), os coeficientes de variação indicam a precisão do experimento e, em ensaios agrícolas de campo, podem ser considerados baixos se inferiores a 10%, médios, entre 10% a 20%, altos, entre 20% e 30%, e muito altos, para valores superiores a 30%. Porém, de acordo com Pimentel-Gomes (2000), esses valores da faixa de classificação são muito generalistas e não levam em consideração as particularidades da cultura, bem como da característica avaliada. Portanto, esses valores podem ser aceitáveis, devido às características em estudo serem governadas por muitos genes e bastante influenciadas pelo ambiente.

Tabela 3. Resumo da análise de variância das características morfoagronômicas de três cultivares de capim-elefante (Guaçu/IZ.2, Cameroon-Piracicaba e Cana D'África) em função das doses de adubação nitrogenada (0, 500, 1000, 1500 e 2000 Kg ha⁻¹ de N) e fosfatada (50, 100, 200 e 400 Kg ha⁻¹ de P₂O₅) em um intervalo de tempo de 180 dias para fins energéticos, Alegre-ES, 2012-2013

| FV | GL | QUADRADO MÉDIO (QM) DAS CARACTERÍSTICAS MORFOAGRONÔMICAS | | | | | |
|-------------------|-----|--|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------|
| | | PMS | %MS | DC | LL | ALT | NPPM |
| Bloco | 2 | 15,53 | 68,73 | 0,44 | 1,48 | 0,38 | 266,82 |
| G | 2 | 4,13 ^{ns} | 16,74 ^{ns} | 1,78 ^{**} | 1,94 ^{ns} | 0,10 [*] | 605,27 ^{**} |
| Erro(a) | 4 | 39,10 | 22,03 | 0,14 | 0,77 | 0,023 | 90,63 |
| (Parcela) | 8 | | | | | | |
| P | 3 | 10,51 ^{ns} | 8,88 ^{ns} | 0,05 ^{ns} | 0,23 ^{ns} | 0,01 ^{ns} | 44,84 ^{ns} |
| G*P | 6 | 13,66 ^{ns} | 6,23 ^{ns} | 0,05 ^{ns} | 0,14 ^{ns} | 0,02 ^{ns} | 53,00 ^{ns} |
| Erro(b) | 18 | 9,97 | 7,24 | 0,03 | 0,29 | 0,02 | 79,18 |
| (Subparcela) | 35 | | | | | | |
| N | 4 | 72,79 ^{**} | 17,57 [*] | 0,03 ^{ns} | 0,29 ^{ns} | 0,10 ^{**} | 152,87 ^{**} |
| G*N | 8 | 7,56 ^{ns} | 1,35 ^{ns} | 0,01 ^{ns} | 0,41 ^{ns} | 0,01 ^{ns} | 53,63 ^{ns} |
| P*N | 12 | 9,38 ^{ns} | 5,57 ^{ns} | 0,05 ^{ns} | 0,20 ^{ns} | 0,04 ^{ns} | 24,88 ^{ns} |
| G*P*N | 24 | 10,51 ^{ns} | 7,43 ^{ns} | 0,04 ^{ns} | 0,18 ^{ns} | 0,03 ^{ns} | 36,63 ^{ns} |
| Erro(c) | 96 | 9,39 | 6,74 | 0,04 | 0,22 | 0,02 | 37,40 |
| (Subsubparcela) | 179 | | | | | | |
| Média geral | | 14,30 | 24,72 | 1,64 | 5,71 | 2,77 | 27,40 |
| Coef. de Variação | | 21,42 | 10,50 | 11,84 | 8,22 | 5,57 | 22,32 |

(^{**}, ^{*} e ^{ns}) significativos em nível de 1%, 5% e não significativo pelo teste F. Produção de matéria seca integral da planta em t ha⁻¹ = PMS; Percentagem de matéria seca integral = %MS; Diâmetro médio de colmo em milímetros = DC; Largura média da lâmina foliar em centímetros = LL; Altura média da planta em metros = ALT; Número de perfilhos por metro linear = NPPM

3.2.1 Comparações entre médias de genótipos por dose de N

Observou-se que, para as características morfoagronômicas avaliadas, especificadas na Tabela 4, as características PMS, %MS, e ALT referentes aos três genótipos não diferiram entre si estatisticamente quanto ao efeito das doses de N utilizadas, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A produção de matéria seca da cultivar Guaçu/I.Z.2, obtida foi diferente da obtida por Andrade et al. (2000), com um intervalo de corte de seis meses, estes obtiveram um total anual no experimento de Brotas de $49,48 \text{ t ha}^{-1}$ e o de Odessa produção foi de $30,91 \text{ t ha}^{-1}$, mesmo utilizando doses inferiores de nitrogênio e de fósforo. E também difere dos resultados de Rossi (2010), por ter obtido elevadas produções para o genótipo Guaçu/I.Z.2, produzindo acima de 50 t ha^{-1} em um período de 10 meses.

A época de crescimento e desenvolvimento dessa coleta foi, em sua maioria, no período de baixa precipitação pluviométrica de 390,95 mm, o que pode explicar essas baixas produtividades, além de existir um decréscimo na produtividade de matéria seca das espécies ao longo dos cortes (Santos et al., 2003). Levando em consideração a condição de estresse citada anteriormente, pode ter influenciado na menor produtividade observada no genótipo Guaçu/I.Z.2, devido a uma provável menor resistência deste às mudanças climáticas que ocorrem em condições de climas tropicais.

A adaptabilidade e o tipo de resposta a cada condição edafoclimática são características em particular a cada genótipo (Quesada, 2005), mesmo em condições de estresse a produção de matéria seca do genótipo Guaçu/I.Z.2, foi superior quando comparado com a produção obtida por Oliveira (2013), com intervalo de corte de seis meses em uma dosagem inferior de nitrogênio em Campos dos Goytacazes-RJ.

A produção de matéria seca obtida da cultivar Cameroon-Piracicaba difere de Morais et al. (2009) obtidas em 3 ciclos, para o mesmo genótipo utilizando a adubação nitrogenada inferior, a cv. Cameroon produziu no 3º ciclo $8,17 \text{ t ha}^{-1}$ em 18 meses em Ponta Ubú, Anchieta-ES. E Botrel et al. (2000), estudando novos clones de capim-elefante, dentre eles Cameroon, encontraram produtividade média anual de $31 \text{ t ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$.

Tabela 4. Valores médios das características morfoagronômicas avaliadas em três cultivares de capim-elefante sob diferentes doses de N (0, 500, 1000, 1500 e 2000 Kg ha⁻¹ de N) em um intervalo de tempo de 180 dias, para fins energéticos, no município de Alegre-ES, 2012-2013

| Características Morfoagronômicas | | | | | |
|----------------------------------|--|----------|----------|----------|----------|
| PMS | | | | | |
| | Doses de Nitrogênio(Kg ha ⁻¹) | | | | |
| Genótipos | 0 | 500 | 1000 | 1500 | 2000 |
| Guaçu/IZ.2 | 14,16 a | 15,54 a | 15,27 a | 14,86 a | 12,53 a |
| Cameroon | 13,23 a | 14,70 a | 15,60 a | 15,29 a | 13,38 a |
| Cana D'África | 11,51 a | 15,64 a | 15,78 a | 15,31 a | 11,76 a |
| %MS | | | | | |
| | Doses de Nitrogênio(Kg ha ⁻¹) | | | | |
| Genótipos | 0 | 500 | 1000 | 1500 | 2000 |
| Guaçu/IZ.2 | 25,36 a | 25,77 a | 24,93 a | 24,26 a | 25,59 a |
| Cameroon | 24,72 a | 24,62 a | 23,29 a | 23,22 a | 24,89 a |
| Cana D'África | 25,01 a | 25,70 a | 24,93 a | 23,51 a | 25,04 a |
| DC | | | | | |
| | Doses de Nitrogênio(Kg ha ⁻¹) | | | | |
| Genótipos | 0 | 500 | 1000 | 1500 | 2000 |
| Guaçu/IZ.2 | 1,54 b | 1,57 b | 1,51 b | 1,56 b | 1,51 b |
| Cameroon | 1,80 a | 1,86 a | 1,82 a | 1,92 a | 1,79 a |
| Cana D'África | 1,56 b | 1,52 b | 1,53 b | 1,57 b | 1,55 b |
| NPPM | | | | | |
| | Doses de Nitrogênio(Kg ha ⁻¹) | | | | |
| Genótipos | 0 | 500 | 1000 | 1500 | 2000 |
| Guaçu/IZ.2 | 27,83 a | 29,58 a | 30,67 a | 31,00 a | 26,75 a |
| Cameroon | 22,33 a | 22,08 b | 26,08 a | 23,67 b | 24,50 a |
| Cana D'África | 23,67 a | 30,92 a | 30,67 a | 34,00 a | 27,25 a |
| ALT | | | | | |
| | Doses de Nitrogênio(Kg ha ⁻¹) | | | | |
| Genótipos | 0 | 500 | 1000 | 1500 | 2000 |
| Guaçu/IZ.2 | 274,58 a | 272,08 a | 272,08 a | 278,33 a | 268,33 a |
| Cameroon | 275,83 a | 280,42 a | 280,83 a | 291,67 a | 276,25 a |
| Cana D'África | 277,50 a | 275,00 a | 274,17 a | 285,83 a | 268,33 a |
| LL | | | | | |
| | Doses de Nitrogênio(Kg ha ⁻¹) | | | | |
| Genótipos | 0 | 500 | 1000 | 1500 | 2000 |
| Guaçu/IZ.2 | 5,81 a | 5,70 ab | 5,85 a | 5,54 b | 5,50 a |
| Cameroon | 5,63 ab | 5,93 a | 5,95 a | 6,16 a | 5,85 a |
| Cana D'África | 5,32 b | 5,40 b | 5,59 a | 5,72 b | 5,72 a |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. Produção de matéria seca integral da planta, em t ha⁻¹ = PMS; Percentagem de matéria seca integral = %MS; Diâmetro médio de colmo em milímetros = DC; Número de perfilhos por metro linear = NPPM; Altura média da planta em metros = ALT; Largura média da lâmina foliar em centímetros = LL.

Os resultados obtidos podem ser considerados promissores, levando em consideração a significativa falta de chuvas no segundo semestre de 2012, cuja precipitação pluviométrica foi de 390,95 mm. De acordo com (Quesada et al., (2004), essa cultivar possui elevadas produções de biomassa, principalmente na época seca, além de apresentar também elevados teores de fibras. Estes resultados confirmam a boa seleção de variedades de capim-elefante que vem sendo feita para alta produção de biomassa e uso como fonte alternativa de energia (Quesada 2001 e 2005), proporcionando assim resultados positivos que asseguram o uso do capim-elefante como fonte alternativa de energia através da queima direta da biomassa.

A produção de matéria seca da cv. Cana D'África de 15,64 t ha⁻¹, na dose de 1000 kg ha⁻¹ de N em um período de seis meses diferiu da produção obtida por Rossi (2010), de 36,17 t ha⁻¹ em um ciclo de 10 meses utilizando 25 kg ha⁻¹ de Sulfato de Amônio e Cloreto de Potássio.

A média geral da característica percentagem de matéria seca (%MS) das cultivares foi de 24,72 % (Tabela 4), sendo o menor valor obtido de 23,22 % referente à Cameroon-Piracicaba na dose 1500 kg ha⁻¹ de N, e o maior valor de 25,77% para Guaçu/IZ.2 na dose de 500 kg ha⁻¹ de N. Esse baixo percentual de matéria seca, corrobora com os de Souza Sobrinho et al. (2005), que encontraram uma média de 24,47% com intervalos de corte menores que 100 dias. Segundo Moreira et al. (2008), a cultivar Cameroon, apresentou uma percentagem de matéria seca de 20,80 %, a cultivar Capim Cana D'África de 18,90 % e a cultivar Guaçu/IZ.2 foi de 21,60 %, diferindo dos resultados obtidos por Rossi (2010) utilizando uma adubação inferior de nitrogênio, em um período de 10 meses, obteve uma porcentagem de matéria para as cultivares Guaçu/IZ.2, Cameroon-Piracicaba e Cana D'África de 32,84; 29,84 e 33,31%, respectivamente.

Santos et al. (2001), avaliando a composição química do capim-elefante cv. Roxo, encontraram %MS média de 19,7% e 17,4% no período seco e chuvoso, respectivamente, enquanto que neste trabalho foi encontrado para as três cultivares uma média de 24,72% (Tabela 4). Os teores de matéria seca observados, comparados com os resultados encontrados por Santos et al. (2001), e Souza Sobrinho et al. (2005), confirmam que há um incremento de matéria seca quando se aumenta o intervalo de corte.

Em se tratando do NPPM, as cultivares não diferiram estatisticamente nas doses 0; 1000 e 2000 kg ha⁻¹ de N. Enquanto que na dose 500 e 1500 Kg ha⁻¹ de N, Cameroon-Piracicaba apresentou 22,08 e 23,67 NPPM, respectivamente, por ter perfilhado menos diferiu estatisticamente de Guaçu/IZ.2 e Cana D'África, que apresentaram 29,58 e 30,92, e 31 e 34 NPPM, respectivamente. A cv. Cana D'África respondeu positivamente ao incremento de N, sobressaindo em perfilhamento com 30,92 e 34 NPPM em relação à Cameroon-Piracicaba, diferindo estatisticamente desta cultivar nas doses 500 e 1500 kg ha⁻¹ de N, em virtude de ter apresentado maior número de perfilhos nessas doses do que nas doses 0 e 2000 kg ha⁻¹ de N.

Com relação ao diâmetro do colmo (DC), somente a cv. Cameroon-Piracicaba diferiu estatisticamente das demais, sobressaindo em relação à Guaçu/IZ.2 e Cana D'África em todas as doses de nitrogênio utilizadas com os respectivos valores 1,80; 1,86; 1,82; 1,92 e 1,79 cm. O DC da cv. Cameroon-Piracicaba oscilou em diferentes doses de nitrogênio, portanto a adubação pode ter influenciado no DC desse genótipo, mesmo sabendo que essa característica possivelmente é do fator genético.

Analisando os valores do DC, o Cameroon-Piracicaba apresentou maiores valores, e os menores a cultivar Guaçu/IZ.2 nas doses 0, 1000, 1500 e 2000 kg ha⁻¹ de N, e a cultivar Cana D'África o menor valor foi manifestado na dose de 500 kg ha⁻¹ de N. No entanto, a relação do diâmetro do colmo com a produção de matéria seca, pode-se observar, que a maior produção de matéria seca ocorreu com a cultivar Cana D'África nas doses 500, 1000 e 1500, sobressaindo na dose 500 kg ha⁻¹ mesmo apresentando o menor diâmetro. Portanto, esse comportamento pode não estar diretamente ligado com o efeito da adubação nitrogenada, e sim com as condições ambientais ideais ao bom desempenho dessa cultivar, pois segundo alguns pesquisadores do capim-elefante, o número de perfilhos de uma cultivar tende a aumentar com intervalos de corte mais prolongados. Isso ocorre porque com o avançar da idade ocorre maturidade fisiológica das plantas, verificando-se aumento na espessura das paredes das células vegetais, e conseqüentemente um aumento no diâmetro do colmo, que proporciona às plantas a estabilidade estrutural (Veiga, 1997).

Os valores de diâmetro variaram de 15,10 mm a 19,24 mm obtendo uma média geral de 17,41 mm. Daher et al. (2000), também encontraram valores

semelhantes para diâmetro médio. Pereira et al. (2006) também encontraram valores semelhantes de diâmetro do colmo, obtendo uma média de 10,8 mm, ilustrando uma considerável amplitude de variação e indicando ser uma característica de alta variabilidade entre os acessos avaliados.

O diâmetro de colmo apresentou variação de 7,35 a 15,75 mm (Silva, 2010) entre os clones pesquisados, sendo essa variação inferior à observada por Fernandes et al. (2002), de 13,7 a 20,06 mm, em pesquisa com 51 clones da RENACE no Distrito Federal. A média geral dessa variável foi de 10,78 mm, inferior à encontrada por Daher et al. (2000) em avaliações no período chuvoso, e superior à obtida por Lira et al. (1998), com valor médio de 9,62 mm. Segundo Mello et al. (2002), o diâmetro de colmo relaciona-se diretamente com a tolerância da planta ao período seco, ou seja, colmos de maior diâmetro são também mais tolerantes à seca, provavelmente devido ao maior conteúdo de compostos de reserva nesses materiais (Silva, 2010).

Para a característica LL as cultivares Guaçu/IZ.2 e Cana D'África diferiram estatisticamente de Cameroon-Piracicaba na dose 1500 kg ha⁻¹ de N, por terem apresentado menores largura de lâmina cujos respectivos valores foram de 5,54 e 5,71cm, enquanto que Cameroon-Piracicaba foi de 6,16 cm. A cv. Cana D'África diferiu de Guaçu/IZ.2 somente na dose zero, mas não diferiu de Cameroon-Piracicaba nessa dose, cujos respectivos valores foram de 5,32, 5,81 e 5,63 cm. Já na dose de 500 kg ha⁻¹ de N a cultivar Cana D'África com 5,93 cm de LL diferiu de Cameroon-Piracicaba e não diferiu de Guaçu/IZ.2. Entretanto, Cameroon-Piracicaba, respondeu positivamente ao incremento de N, aumentando a LL nas doses de 500 e 1500 kg ha⁻¹ de N, apresentando 5,93 e 6,16 cm de LL, respectivamente, diferindo estatisticamente da cultivar Cana D'África nessas doses e de Guaçu/IZ.2 na dose 1500 kg ha⁻¹ de N.

O efeito da adubação nitrogenada em capim-elefante é considerável na produção de matéria seca e proteína bruta segundo Morais (2008), e verifica-se um aumento de produção de matéria seca à medida que se aumenta a dose de nitrogênio aplicado (Corsi, 1972 e Werner, 1984), com exceção das características diâmetro do colmo, largura da lâmina e número de perfilhos por metro que são características genotípicas das cultivares. O número de perfilhos por metro é uma característica de alta herdabilidade, possibilitando sua transferência em programas de melhoramento da espécie (Silva et al., 2010).

Daher et al. (2004) concluíram que esta variável foi capaz de explicar melhor o potencial de produção de matéria seca atuando de forma direta na variável básica. No entanto, a relação do diâmetro do colmo com a produção de matéria seca, pode-se observar que existe uma relação inversa de Cameroon-Piracicaba e Guaçu/IZ.2 nas doses 0 e 500 kg ha⁻¹ de N, e de Cameroon-Piracicaba e Cana D'África nas doses de 500, 1000 e 1500 kg ha⁻¹ de N. E também verificaram correlação inversa entre as características diâmetro do colmo e produção de matéria seca, segundo os autores por conta das condições ambientais em que as plantas se desenvolveram (Daher et al., 2004). Já na dose 2000 kg ha⁻¹ de N, Cameroon-Piracicaba apresentou maior diâmetro do colmo e foi o que manifestou melhor resposta na produção de matéria seca, demonstrando uma correlação diretamente positiva entre essas variáveis.

De acordo com Ferraris (1979), a emissão de perfilhos basais está diretamente associada ao nível de biomassa e sob intervalos de cortes. A maior produtividade coincide com os maiores números de perfilhos por área e da altura da planta. Menores espaçamentos tendem a promover o aumento dos perfilhos sem, no entanto, aumentar seu número por planta (Bhatti et al., 1985). A adaptabilidade e o tipo de resposta a cada condição edafoclimática são características em particular a cada genótipo (Quesada, 2005).

3.3 Análise de Regressão na Produção de Biomassa de Três Cultivares de Capim-Elefante

Na busca de modelos lineares mais representativos (1^o grau, 2^o grau ou Ausência de Regressão) foi realizado análise de regressão utilizando o Aplicativo computacional em Genética e Estatística - Programa Genes (Cruz, 2006) da Universidade Federal de Viçosa, para obtenção dos aspectos dos modelos biométricos de regressão e de análise de variância de regressão, conforme está representado nas Tabelas 5 e 6, e nas Figuras de 1 a 7 abaixo, mostram as estimativas de quadrados médios para as fontes de variação devido à regressão e aos desvios e os gráficos de regressão respectivamente para as três cultivares de capim-elefante.

Tabela 5. Estimativas de quadrados médios para as fontes de variação devido à regressão e aos desvios de regressão para os modelos lineares de 1° e 2° grau para as características morfoagronômicas de três cultivares (Guaçu/IZ.2, Cameroon-Piracicaba e Cana D'África) sob 5 doses de nitrogênio (0, 500, 1000, 1500 e 2000 kg ha⁻¹ de N)

| GEN | QMRegressão da PMS | | | | | | | |
|-----------|--------------------|----|---------------------|-----------------------|----|--------------------|--------------------|--------|
| | | GL | 1° grau | R ² (%) | GL | 2° grau | R ² (%) | Modelo |
| G1 | Reg | 1 | 18,64 ^{ns} | 26,76 | 2 | 33,84* | 97,17 | 2 |
| | Desvios | 3 | 17,00 ^{ns} | | 2 | 0,98 ^{ns} | | |
| G2 | Reg | 1 | 0,99 ^{ns} | 1,74 | 2 | 27,72* | 97,76 | 2 |
| | Desvios | 3 | 18,57 ^{ns} | | 2 | 0,63 ^{ns} | | |
| G3 | Reg | 1 | 0,04 ^{ns} | 0,02 | 2 | 109,33** | 96,96 | 2 |
| | Desvios | 3 | 75,16** | | 2 | 3,43 ^{ns} | | |
| QM(Erroc) | | 96 | 9,39 | | | 9,39 | | |

| GEN | QMRegressão da %MS | | | | | | | |
|-----------|--------------------|----|---------------------|-----------------------|----|---------------------|--------------------|----------|
| | | GL | 1° grau | R ² (%) | GL | 2° grau | R ² (%) | Modelo |
| G1 | Reg | 1 | 1,30 ^{ns} | 7,41 | 2 | 2,40 ^{ns} | 27,23 | Ausência |
| | Desvios | 3 | 5,43 ^{ns} | | 2 | 6,41 ^{ns} | | |
| G2 | Reg | 1 | 1,34 ^{ns} | 4,14 | 2 | 10,52 ^{ns} | 44,37 | Ausência |
| | Desvios | 3 | 10,34 ^{ns} | | 2 | 5,65 ^{ns} | | |
| G3 | Reg | 1 | 5,45 ^{ns} | 17,49 | 2 | 3,19 ^{ns} | 20,45 | Ausência |
| | Desvios | 3 | 8,57 ^{ns} | | 2 | 12,40 ^{ns} | | |
| QM(Erroc) | | 96 | 6,74 | | | 6,74 | | |

| GEN | QMRegressão do NPPM | | | | | | | |
|-----------|---------------------|----|----------------------|-----------------------|----|---------------------|--------------------|----------|
| | | GL | 1° grau | R ² (%) | GL | 2° grau | R ² (%) | Modelo |
| G1 | Reg | 1 | 0,68 ^{ns} | 41,97 | 2 | 70,01 ^{ns} | 87,06 | Ausência |
| | Desvios | 3 | 53,39 ^{ns} | | 2 | 10,41 ^{ns} | | |
| G2 | Reg | 1 | 42,01 ^{ns} | 32,42 | 2 | 28,75 ^{ns} | 44,37 | Ausência |
| | Desvios | 3 | 29,19 ^{ns} | | 2 | 36,04 ^{ns} | | |
| G3 | Reg | 1 | 126,08 ^{ns} | 16,81 | 2 | 318,54** | 84,93 | 2 |
| | Desvios | 3 | 208,01** | | 2 | 56,51 ^{ns} | | |
| QM(Erroc) | | 96 | 37,40 | | | 37,40 | | |

(**, * e ^{ns}) significativos em nível de 1%, 5% e não significativo pelo teste F. Produção de matéria seca integral da planta, em t ha⁻¹ = PMS; Percentagem de matéria seca integral = %MS; Número de perfilhos por metro linear = NPPM; Altura média da planta em metros = ALT; Diâmetro médio de colmo em milímetros = DC; Largura média da lâmina foliar em centímetros = LL.

Tabela 5 (a. continuação). Estimativas de quadrados médios para as fontes de variação devido à regressão e aos desvios de regressão para os modelos lineares de 1°, 2° graus para as características morfoagronômicas de três cultivares (Guaçu/IZ.2, Cameroon-Piracicaba e Cana D'África) sob 5 doses de nitrogênio (0, 500, 1000, 1500 e 2000 kg ha⁻¹ de N)

| GEN | | QMRegressão da ALT | | | | | | |
|-----------|---------|--------------------|---------------------|-----------------------|----|---------------------|--------------------|----------|
| | | GL | 1° grau | R ² (%) | GL | 2° grau | R ² (%) | Modelo |
| G1 | Reg | 1 | 0,01 ^{ns} | 7,18 | 2 | 0,01 ^{ns} | 17,24 | Ausência |
| | Desvios | 3 | 0,02 ^{ns} | | 2 | 0,03 ^{ns} | | |
| G2 | Reg | 1 | 0,02 ^{ns} | 8,94 | 1 | 0,05 ^{ns} | 47,21 | Ausência |
| | Desvios | 3 | 0,06 ^{ns} | | 2 | 0,05 ^{ns} | | |
| G3 | Reg | 1 | 0,01 ^{ns} | 3,48 | 2 | 0,02 ^{ns} | 17,01 | Ausência |
| | Desvios | 3 | 0,06 ^{ns} | | 2 | 0,08 [*] | | |
| QM(Erroc) | | 96 | 0,02 | | | 0,02 | | |
| GEN | | QMRegressão do DC | | | | | | |
| | | GL | 1° grau | R ² (%) | GL | 2° grau | R ² (%) | Modelo |
| G1 | Reg | 1 | 0,01 ^{ns} | 19,69 | 2 | 0,01 ^{ns} | 24,46 | Ausência |
| | Desvios | 3 | 0,01 ^{ns} | | 2 | 0,01 ^{ns} | | |
| G2 | Reg | 1 | 0,001 ^{ns} | 0,49 | 2 | 0,03 ^{ns} | 36,31 | Ausência |
| | Desvios | 3 | 0,05 ^{ns} | | 2 | 0,05 ^{ns} | | |
| G3 | Reg | 1 | 0,001 ^{ns} | 3,30 | 2 | 0,003 ^{ns} | 25,38 | Ausência |
| | Desvios | 3 | 0,01 ^{ns} | | 2 | 0,01 ^{ns} | | |
| QM(Erroc) | | 96 | 0,04 | | | 0,04 | | |
| GEN | | QMRegressão da LL | | | | | | |
| | | GL | 1° grau | R ² (%) | GL | 2° grau | R ² (%) | Modelo |
| G1 | Reg | 1 | 0,73 ^{ns} | 62,68 | 2 | 0,40 ^{ns} | 69,61 | Ausência |
| | Desvios | 3 | 0,14 ^{ns} | | 2 | 0,18 ^{ns} | | |
| G2 | Reg | 1 | 0,53 ^{ns} | 30,50 | 2 | 0,72 [*] | 82,04 | 2 |
| | Desvios | 3 | 0,40 ^{ns} | | 2 | 0,16 ^{ns} | | |
| G3 | Reg | 1 | 1,49 ^{**} | 93,55 | 2 | 0,76 [*] | 95,71 | 2 |
| | Desvios | 3 | 0,03 ^{ns} | | 2 | 0,03 ^{ns} | | |
| QM(Erroc) | | 96 | 0,22 | | | 0,22 | | |

(**, * e ^{ns}) significativos em nível de 1%, 5% e não significativo pelo teste F. Produção de matéria seca integral da planta, em t ha⁻¹ = PMS; Percentagem de matéria seca integral = %MS; Número de perfilhos por metro linear = NPPM; Altura média da planta em metros = ALT; Diâmetro médio de colmo em milímetros = DC; Largura média da lâmina foliar em centímetros = LL.

Tabela 6. Modelos lineares devido à regressão de 1° e 2° graus para as características morfoagronômicas de três cultivares (Guaçu/IZ.2, Cameroon-Piracicaba e Cana d'África) sob 5 doses de nitrogênio (0, 500, 1000, 1500 e 2000 kg ha⁻¹ de N), em Alegre-ES, 2012- 2013

| Características Morfoagroômicas | | | |
|---------------------------------|----------|---|--------|
| PMS | Modelo | Equação de Regressão | R2 |
| Guaçu/IZ.2 | 2 | $\hat{y} = 14,1781 + 3,53.10^{-3}N - 2,16.10^{-6}N^2$ | 97,17% |
| Cameroon | 2 | $\hat{y} = 13,1201 + 4,74.10^{-3}N - 2,28.10^{-6}N^2$ | 97,76% |
| Cana D'África | 2 | $\hat{y} = 11,6853 + 9,16.10^{-3}N - 4,56.10^{-6}N^2$ | 96,96% |
| %MS | Modelo | Equação de Regressão | R2 |
| Guaçu/IZ.2 | Ausência | $\hat{y} = 26,1818$ | |
| Cameroon | Ausência | $\hat{y} = 24,1458$ | |
| Cana D'África | Ausência | $\hat{y} = 24,8387$ | |
| DC | Modelo | Equação de Regressão | R2 |
| Guaçu/IZ.2 | Ausência | $\hat{y} = 1,5373$ | |
| Cameroon | Ausência | $\hat{y} = 1,8405$ | |
| Cana D'África | Ausência | $\hat{y} = 1,5475$ | |
| NPPM | Modelo | Equação de Regressão | R2 |
| Guaçu/IZ.2 | Ausência | $\hat{y} = 29,1666$ | |
| Cameroon | Ausência | $\hat{y} = 23,7333$ | |
| Cana D'África | 2 | $\hat{y} = 23,7619 + 1,6.10^{-2}N - 6,98.10^{-6}N^2$ | 84,93% |
| ALT | Modelo | Equação de Regressão | R2 |
| Guaçu/IZ.2 | Ausência | $\hat{y} = 2,73$ | |
| Cameroon | Ausência | $\hat{y} = 2,81$ | |
| Cana D'África | Ausência | $\hat{y} = 2,76$ | |
| LL | Modelo | Equação de Regressão | R2 |
| Guaçu/IZ.2 | Ausência | $\hat{y} = 5,6803$ | |
| Cameroon | 2 | $\hat{y} = 5,6260 + 7,18.10^{-4}N - 2,9.10^{-7}N^2$ | 82,00% |
| Cana D'África | 1 | $\hat{y} = 5,3277 + 2,23.10^{-4}N$ | 93,54% |

Produção de matéria seca integral da planta em t ha⁻¹ = PMS; Percentagem de matéria seca integral = %MS; Diâmetro médio de colmo em milímetros = DC; Número de perfilhos por metro linear = NPPM; Altura média da planta em metros = ALT; Largura média da lâmina foliar em centímetros = LL.

Analisando a produção de matéria seca obtida em $t\ ha^{-1}$ no 3º corte (PMS), as cultivares não diferiram estatisticamente ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey nas doses utilizadas, porém pela análise de regressão pode-se verificar que as cultivares que demonstraram modelo significativo e altamente significativo para regressão de 2º grau, foram as cvs. Guaçu/IZ.2 (G1) e Capim Cana D'África (G3), as quais apresentaram coeficientes de determinação de $R^2 = 97,17\%$ e $R^2 = 96,96\%$, respectivamente. Porém, para Cameroon-Piracicaba (G2), os modelos obtidos de 1º e 2º graus não se ajustaram em nível de significância de 5% pelo teste "F". O modelo que melhor se ajustou para essa cultivar (G2) em nível de 5,9% de significância foi o de 2º grau, apresentando um $R^2 = 97,76\%$.

As estimativas de quadrados médios para as fontes, devido à regressão e aos desvios de regressão para os modelos lineares de 1º e 2º graus aplicados aos valores médios de produção de matéria seca (PMS) envolvendo três cultivares de capim-elefante referentes ao 3º corte encontram-se nas Tabelas 5 e 6, e Figura 1. Pode-se observar um efeito quadrático significativo em função das doses de N para as cvs. de capim-elefante Guaçu/IZ.2 ($\hat{y} = 14,1781 + 3,53 \cdot 10^{-3}N - 2,16 \cdot 10^{-6}N^2$), Cameroon-Piracicaba ($\hat{y} = 13,1201 + 4,74 \cdot 10^{-3}N - 2,28 \cdot 10^{-6}N^2$) e Capim Cana D'África ($\hat{y} = 11,6853 + 9,16 \cdot 10^{-3}N - 4,56 \cdot 10^{-6}N^2$), com os respectivos coeficientes de determinação de 97,17; 97,76 e 96,96%.

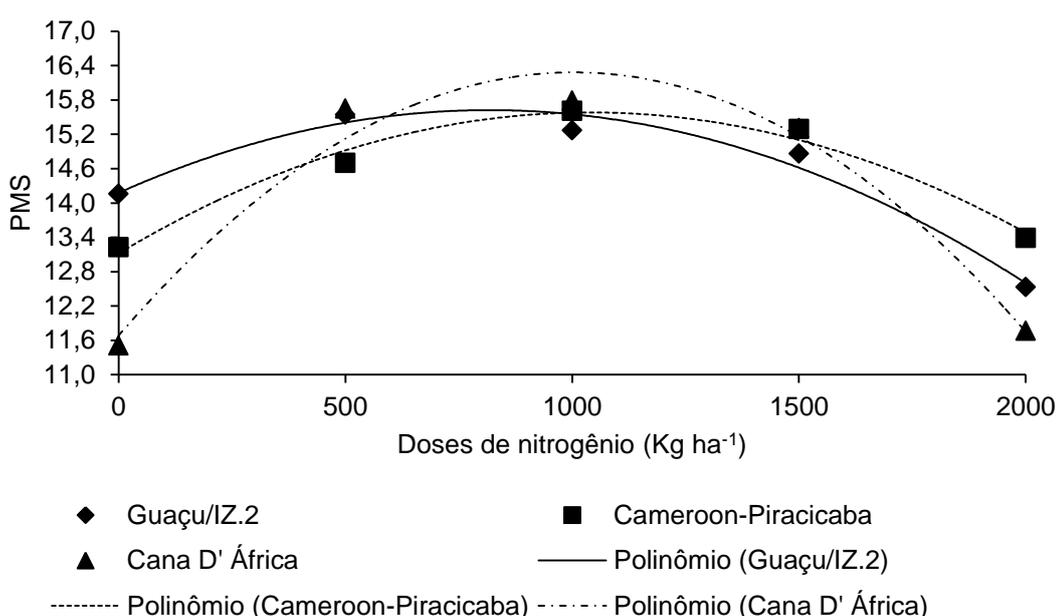


Figura 1(continuação). Curva para a característica Produção de Matéria Seca (PMS) em tonelada por hectare, obtida em três cultivares de capim-elefante: Guaçu/IZ.2 (G1), Cameroon-Piracicaba (G2) e Capim Cana D'África (G3).

Todas as três cultivares (Guaçu/IZ.2, Cameroon-Piracicaba e Cana D'África) quanto à produção obtida de matéria seca (PMS), pela análise de regressão, demonstraram regressão em nível de 5% de significância pelo teste F, para modelo de 2º grau, tornando possível a determinação do máximo físico e a utilização da função de produção para mensurar o ótimo econômico e a produtividade ótima.

Os resultados obtidos na área experimental do IFES campus de Alegre-ES no período de 2012 -2013 demonstram a tendência de aumento na produção de matéria seca do capim-elefante, em função das doses crescentes de nitrogênio. A relação Kg de N por tonelada de matéria seca produzida confirma o comportamento desta tendência, até o limite em que o N deprime esta produtividade, pois as três cultivares (G1, G2 e G3) responderam positivamente ao aumento dos níveis da adubação nitrogenada usada, aumentando a produtividade até atingir o máximo físico. Após o máximo, a tendência foi de decréscimo na produtividade de matéria seca com a dose aplicada. Utilizando a função de produção, a máxima produtividade estimada foi de 15,62 t ha⁻¹, para o Guaçu/IZ.2, na dosagem de 817,13 Kg ha⁻¹ de N, o Cameroon- Piracicaba foi de 15,59 t ha⁻¹ utilizando a dosagem de 1.039,47 Kg ha⁻¹ de N e o Cana D'África atingiu máxima produtividade estimada de 16,29 t ha⁻¹ com a dose de 1.004,43 Kg ha⁻¹ de N.

A produção de matéria seca da cv. Cameroon-Piracicaba aumentou à medida que aumentava a adubação nitrogenada até atingir o máximo físico. No entanto, a dose 2000 kg ha⁻¹ de N causou diminuição na produção de matéria seca atingindo 13,39 t ha⁻¹, equivalente à produção sem adubação nitrogenada de 13,23 t ha⁻¹. Esses resultados divergiram dos resultados de Moraes et al., (2009) obtidos em 3 ciclos, para a mesma cultivar utilizando a adubação nitrogenada inferior, a cv. Cameroon produziu no 3º ciclo 8,17 t ha⁻¹ em 18 meses em Ponta Ubú, Anchieta-ES.

De acordo com (Quesada et. al., (2004) o genótipo Cameroon-Piracicaba possui elevadas produções de biomassa, principalmente na época seca, além de apresentar também elevados teores de fibras. Quesada (2005) encontrou em oito

meses de cultivo, valores de até 30 t ha⁻¹ de MS, em genótipos Cameroon sem a aplicação de N-fertilizante. Botrel et al. (2000), estudando novos clones de capim-elefante, dentre eles Cameroon, encontraram produtividade média anual de 31 t ha⁻¹ano⁻¹ de MS. Estes resultados confirmam a boa seleção de variedades de capim-elefante que vem sendo feita para alta produção de biomassa e o uso como fonte alternativa de energia (Quesada 2001 e 2005), proporcionando assim resultados positivos que asseguram o uso do capim-elefante como fonte alternativa de energia através da queima direta da biomassa.

Oliveira (2012) observou que a Produção de Matéria Seca (PMS), pela análise de regressão, o único genótipo que demonstrou regressão foi o Cameroon-Piracicaba, o qual teve coeficiente de determinação de R² = 73,89 % em nível de significância de 1% pelo teste “F”, e o modelo que melhor se ajustou sob 5 doses (100, 200, 400 800 e 1600 Kg ha⁻¹ de N) de adubação nitrogenada utilizada foi o de 1º grau, indicando que existe necessidade de maior adubação nitrogenada, que geraria uma melhor resposta.

Em se tratando do genótipo Guaçu/IZ.2, o modelo que melhor se ajustou foi o de 2º grau ($y^{\wedge} = 14,1781 + 3,53.10^{-3}N - 2,16.10^{-6}N^2$, com R² = 97,17%) em nível de 5% de significância pelo teste F. Segundo Oliveira (2012), os modelos de 1º e 2º graus não se ajustaram ao nível de significância de 5% pelo teste “F”, quanto aos níveis de adubação utilizada.

Andrade et al. (2003) obtiveram para esse genótipo em Nova Odessa a variação da produção de matéria seca, em função das doses de nitrogênio aplicadas obtiveram o modelo linear $y = 19,96 + 0,0348 x$, com R² = 0,97, mostrando que à medida que aumenta a dose de nitrogênio aplicada aumenta a produção de matéria seca. Já no experimento de Brotas, de acordo com Andrade et al. (2003), a variação da produção de matéria seca, em função das doses de nitrogênio aplicadas, o modelo que melhor ajustou foi o quadrático, representado pela equação $y = 33,70 + 0,1598 x - 0,0003 x^2$, com R² = 0,98, o que mostra que em Brotas foi atingido um potencial máximo de produção de matéria seca com a aplicação de mais ou menos 200 kg de nitrogênio.

Os resultados obtidos em um experimento irrigado cujo período foi de 7 de outubro de 2003 a 6 de janeiro de 2005, realizado no Campo Experimental de Coronel Pacheco, Minas Gerais, pertencente à Emprapa Gado de Leite, de acordo com Vítor et al. (2009), a produção de matéria seca acumulada aumenta

linearmente de acordo com as doses de nitrogênio (100, 300, 500 e 700 kg ha⁻¹ de N), para o capim-elefante cv. Napier com as lâminas d'água aplicadas durante todo período experimental e período chuvoso, enquanto que no período seco, os resultados da produção de matéria seca do capim-elefante ajustaram-se ao modelo quadrático de regressão com as lâminas d'água aplicadas. A maior produção acumulada em todos os períodos foi obtida com a dose de nitrogênio de 700 kg ha⁻¹, 29.049,04 kg ha⁻¹ de MS em todo o período experimental, sendo 21.128,43 kg ha⁻¹ de MS no período chuvoso e 8.066,73 kg ha⁻¹ de MS no período seco.

A cv. Cana D'África respondeu positivamente ao incremento das doses de N, até atingir o máximo físico de 1.004,43 Kg ha⁻¹ de N, obtendo assim a produtividade máxima estimada de 16,29 t ha⁻¹. Mas não diferiu estatisticamente das demais cultivares.

Baseando-se nos resultados obtidos no corte 2 quanto à produção de matéria seca da cultivar Cana D'África em um intervalo de 10 meses de 33,94 t ha⁻¹ foi semelhante a produção obtida nos trabalhos de Rossi (2010), de 36,17 t ha⁻¹ em um ciclo de 10 meses utilizando dose inferior de adubação nitrogenada, e no corte 1 e 3 com o mesmo intervalo de tempo quando comparada com a produção anual obtida por Oliveira (2013) de 31,00 t ha⁻¹, foi diferente levando em consideração que a produção do corte 1 foi de 34,10 t ha⁻¹, e do corte 3 de 15,78 t ha⁻¹, ambos com intervalos de 6 meses, portanto totalizando uma produção anual de 49,88 t ha⁻¹. Dessa forma, observa-se que um maior nível de adubação nitrogenada tende a aumentar a produção de matéria seca. Nesse sentido o modelo linear que melhor se ajustou foi o de 2º grau, em nível de 1% de significância pelo teste F em função dos níveis de adubação nitrogenada utilizada no Capim Cana D'África ($y^{\wedge} = 11,6853 + 9,16 \cdot 10^{-3}N - 4,56 \cdot 10^{-6}N^2$) cujo R² foi de 96,96%, conforme a representação da Figura 1.

Barbé (2012) relatou que os genótipos de capim-elefante Cubano de Pinda, Mercker 86-México e P-241-Piracicaba, apresentaram efeito linear significativo e os genótipos Pusa Napier, 63 Mole de Volta Grande e King Grass, apresentaram efeito quadrático em função dos intervalos de cortes. Somente os genótipos Cubano de Pinda, Mercker 86-México e P-241-Piracicaba, apresentaram um acúmulo de matéria seca durante o ciclo de produção com 24 semanas de idade.

As estimativas de quadrados médios para as fontes, devido à regressão e aos desvios de regressão para os modelos lineares de 1° e 2° graus aplicados aos valores médios de Números de Plantas por Metro (NPPM) envolvendo três cultivares de capim-elefante referentes ao 3° corte encontram-se nas Tabelas 5 e 6 e Figura 2.

Na análise de regressão para a característica (NPPM), verificou-se que a única cultivar que demonstrou regressão foi a cv. Capim Cana D'África (G3), que teve um coeficiente de determinação $R^2 = 84,93\%$ em nível de significância de 1% pelo teste "F", sendo que o modelo que melhor ajustou foi o de 2° grau ($y^{\wedge} = 23,7619 + 1,6 \cdot 10^{-2}N - 6,98 \cdot 10^{-6}N^2$), conforme a representação da Figura 2. As cultivares Guaçu/IZ.2 e Cameroon-Piracicaba apresentaram ausência de regressão. Enquanto que Oliveira (2012) pela análise de regressão do Número de Plantas (NP) verificou que a única cultivar que demonstrou regressão foi a cv. Cameroon-Piracicaba, que teve um coeficiente de determinação $R^2 = 90,36\%$ em nível de significância de 1% pelo teste "F", sendo que o modelo de melhor ajuste foi o de 1° grau. As demais cultivares apresentaram ausência de regressão. Assim, essa tendência de regressão de 1° grau indica que existe necessidade de maior adubação nitrogenada, que geraria uma melhor resposta em nível de perfilhos.

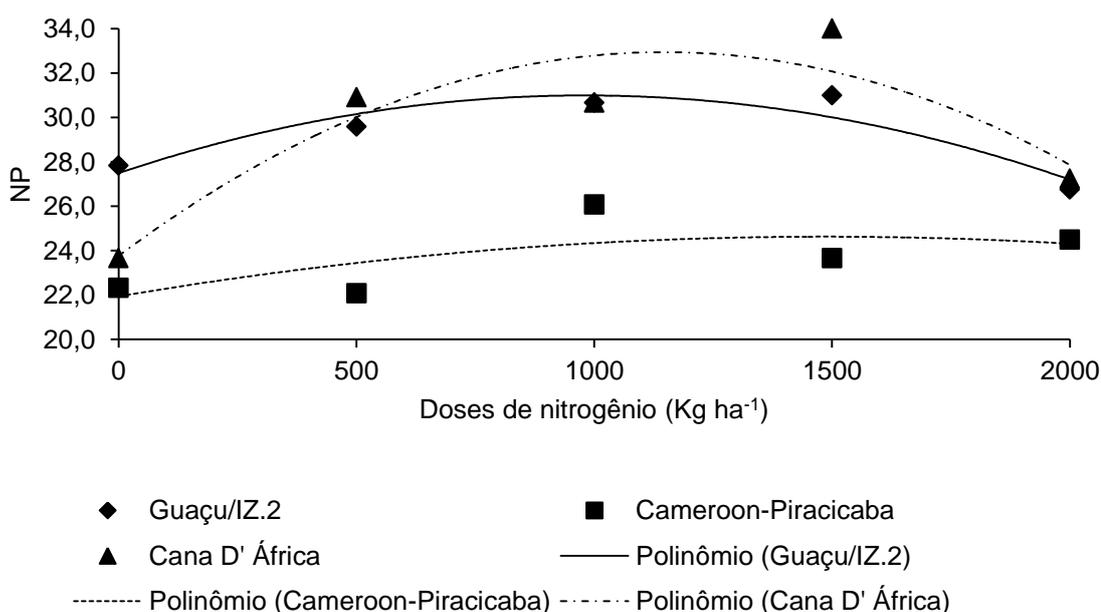


Figura 2 (continuação). Curva para a característica Número de Plantas por Metro (NPPM) obtidas de três cultivares de Capim-elefante: Guaçu/I.Z.2 (G1), Cameroon-Piracicaba (G2), Capim Cana D'África (G3)

A cv. Cameroon-Piracicaba demonstrou menor perfilhamento em todas as doses de N utilizadas, mas somente nas doses de 500 e 1500 kg ha⁻¹ de N diferiu estatisticamente das demais, em virtude da resposta positiva ao incremento de N que Cana D'África manifestou até o limite em que o N deprimiu essa característica (NPPM) de 1.146,13 kg ha⁻¹ de N, atingindo um perfilhamento máximo estimado de 33 plantas m⁻¹, entretanto essa cultivar demonstrou uma pequena diminuição no perfilhamento na dose 1000 kg ha⁻¹ de N, mas na dose de 1500 kg ha⁻¹ de N aumentou o perfilhamento alcançando 34 plantas por metro e a cv. Guaçu/I.Z.2 na dose 1500 kg ha⁻¹ de N, alcançou 31 plantas por metro.

Para Rossi (2010, p.9), os indivíduos mais produtivos e que produzem elevado número de perfilhos tendem a apresentar maiores teores de matéria seca, celulose e nitrogênio. Observa-se, também, que plantas que perfilham menos, com maior diâmetro e mais altas, associaram-se a plantas com altos teores de matéria seca, componentes fibrosos e poder calorífico, porém com menores teores de nitrogênio. Em seu trabalho, observou-se que as cultivares que se mostraram mais promissoras para serem indicadas e utilizadas em programas de melhoramento genético para a produção de bioenergia foram: Napier, Guaçu I/Z.2, P-241-Piracicaba, Pasto Panamá, Cameroon e Mercker 86 México.

A emissão de perfilhos basais está diretamente associada ao nível de biomassa, e sob intervalo de corte com 90 dias, a maior produtividade coincide com os maiores valores do número de perfilhos por área e altura da planta (Ferraris, 1979). Menores espaçamentos tendem a promover a altura dos perfilhos, sem, no entanto, aumentar o número de plantas (Bhatti et al., 1985).

As estimativas de quadrados médios para as fontes, devido à regressão e aos desvios de regressão para os modelos lineares de 1° e 2° graus aplicados aos valores médios do Diâmetro do Colmo (DC) envolvendo três cultivares de capim-elefante referentes ao 3° corte encontram-se nas Tabelas 5 e 6, e Figura 3. Analisando o diâmetro médio do colmo (DC), as três cultivares (G1, G2 e G3) apresentaram ausência de regressão, conforme a representação da Figura 3.

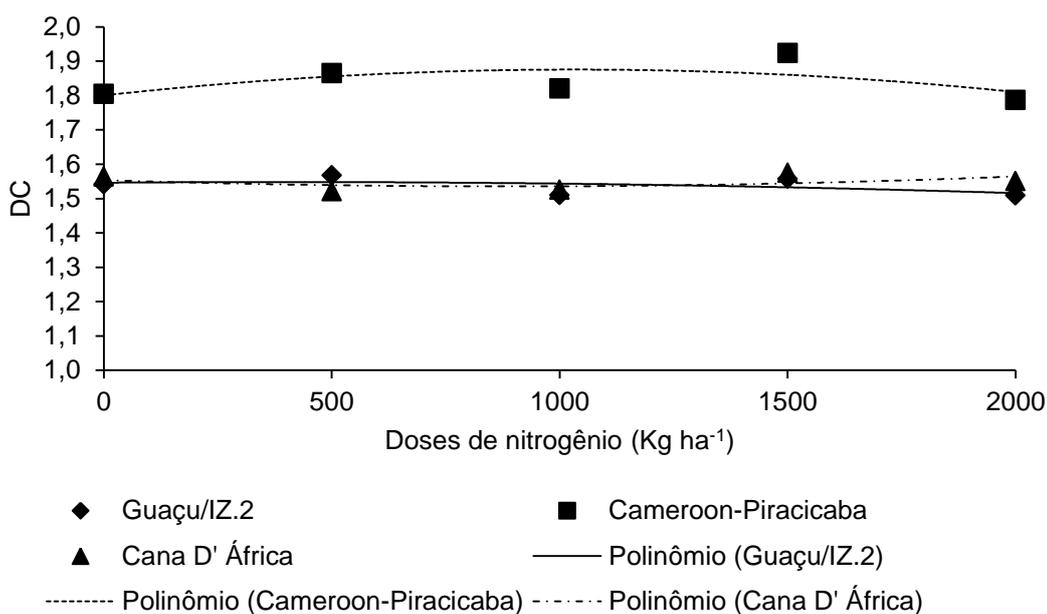


Figura 3. Curva para a característica Diâmetro Médio do Colmo (DC) obtido de três cultivares de Capim-elefante: Guaçu/IZ.2 (G1), Cameroon-Piracicaba (G2) e Capim Cana D'África (G3).

A cultivar Cameroon-Piracicaba apresentou maiores valores referentes ao diâmetro, diferindo estatisticamente de Guaçu/IZ.2 e Cana D'África. Os menores valores foram observados nas doses 1000 e 2000 kg ha⁻¹ de N para Guaçu/IZ.2, e para Cana D'África o menor valor foi manifestado nas doses 500 e 1000 kg ha⁻¹ de N.

Segundo Oliveira (2012), o modelo que melhor se ajustou foi o de 1º grau com coeficiente de determinação de $R^2 = 33,82\%$ em nível de significância de 1% pelo teste "F", para o genótipo Cameroon-Piracicaba, e para o genótipo Guaçu/IZ.2 também foi o modelo de 1º grau com coeficiente de determinação $R^2 = 24,03\%$ em nível de significância de 5% pelo teste "F".

As estimativas de quadrados médios para as fontes devido à regressão e aos desvios de regressão para os modelos lineares de 1º e 2º graus aplicados aos valores médios da Altura da Planta (ALT) envolvendo três cultivares de capim-elefante referentes ao 3º corte encontram-se nas Tabelas 5 e 6 e Figura 4.

Em relação à Altura Média (ALT), não houve ajuste de modelo para essa característica, pois apresentou ausência de regressão, conforme a representação da Figura 4.

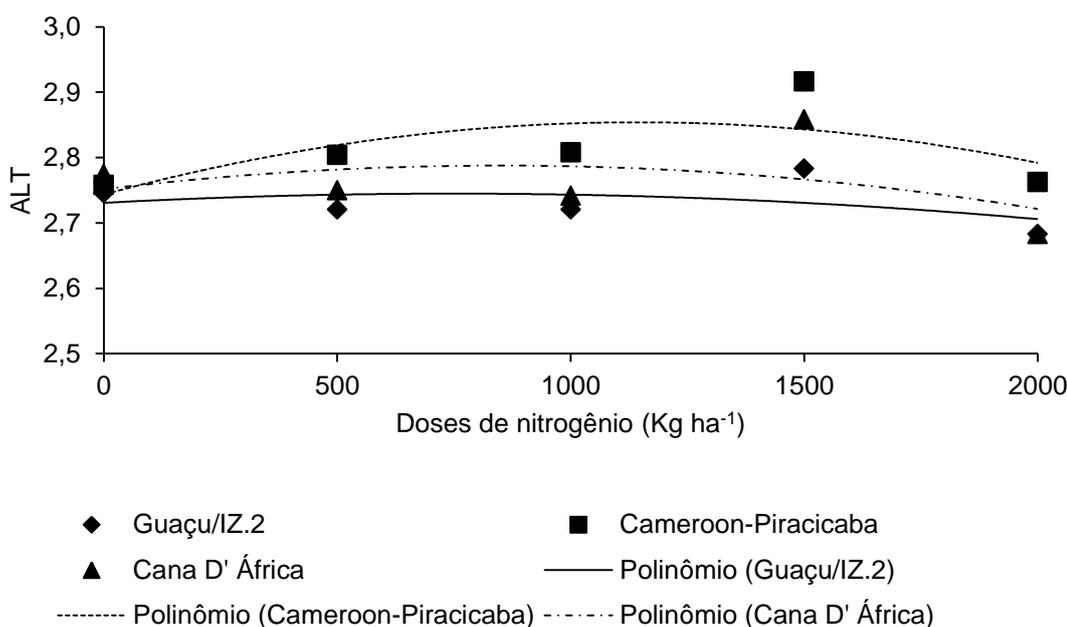


Figura 4. Curva para a característica Altura Média (ALT) obtida de três cultivares de Capim elefante: Guaçu/IZ.2 (G1), Cameroon-Piracicaba (G2) e Capim Cana D'África (G3).

Analisando a característica altura média (ALT) as três cultivares não diferiram estatisticamente. O crescimento da cultivar Guaçu/IZ.2 e Cameroon-Piracicaba diante das doses de adubação nitrogenada foi diretamente positivo nas doses 500, 1000 e 1500 kg ha⁻¹ de N, porém Cameroon-Piracicaba demonstrou esse crescimento desde a dose zero, pois à medida que aumentava as doses de nitrogênio, a ALT também aumentava, porém quando utilizou a dose 2000 kg ha⁻¹ de N a altura diminuiu para as três cultivares. Cana D'África oscilou a ALT diante das doses utilizadas, pois houve decréscimo da mesma nas doses de 500; 1000 e 2000 kg ha⁻¹ de N, a melhor resposta foi nas doses 0 e 1500 kg ha⁻¹ de N.

Conforme relato de Oliveira (2012), na análise de regressão da Altura (ALT) constatou-se que Guaçu/IZ.2 não obteve regressão e para Cameroon-Piracicaba, o modelo de regressão que melhor se ajustou foi o de 2º grau, sendo seu coeficiente de determinação $R^2 = 41,93\%$ em nível de significância de 1% pelo teste "F".

Coelho et al. (2002) observaram que o capim-elefante, Cv. Mott apresentou regressão polinomial para doses de N dentro do fator corte, sendo significativa para o efeito quadrático no 1º corte ($P < 0,05$) e no 2º corte ($P < 0,01$), $Y = 92,5 + 0,24X - 0,0004X^2$, $R^2 =$ no corte 1, e $Y = 88,6 + 0,36X - 0,0009X^2$,

$R^2=0,98$ utilizando as doses crescentes de nitrogênio (0; 60; 120; 180 e 240 kg ha^{-1} de N por corte).

Para Magalhães et al. (2006), a análise de regressão revelou significância da adubação nitrogenada sobre a altura das plantas para o capim-elefante Cv. Napier, sendo explicada pela equação $Y = 92,303 + 0,0449X$ e $R^2 = 0,9532$, em que Y representa a porcentagem média da altura das plantas e X, os níveis de nitrogênio.

As estimativas de quadrados médios para as fontes, devido à regressão e aos desvios de regressão para os modelos lineares de 1º e 2º graus aplicados aos valores médios da Largura da Lâmina (LL) envolvendo três cultivares de capim-elefante referentes ao 3º corte encontram-se nas Tabelas 5 e 6, e Figura 5 e 6.

A análise de regressão para a característica largura média da lâmina foliar (LL) demonstrou ausência de regressão para Guaçu/IZ.2, e para Cameroon-Piracicaba o modelo que melhor se ajustou foi o de 2º grau, em nível de 5% de significância pelo teste F e o modelo de 1º grau em nível de 1% de significância para Cana D'África com os respectivos modelos e coeficientes de determinação ($\hat{y} = 5,6260 + 7,18 \cdot 10^{-4}N - 2,9 \cdot 10^{-7}N^2$, com $R^2 = 82,00\%$, e $\hat{y} = 5,3277 + 2,23 \cdot 10^{-4}N$, com $R^2 = 93,54\%$), conforme a representação da Figura 5.

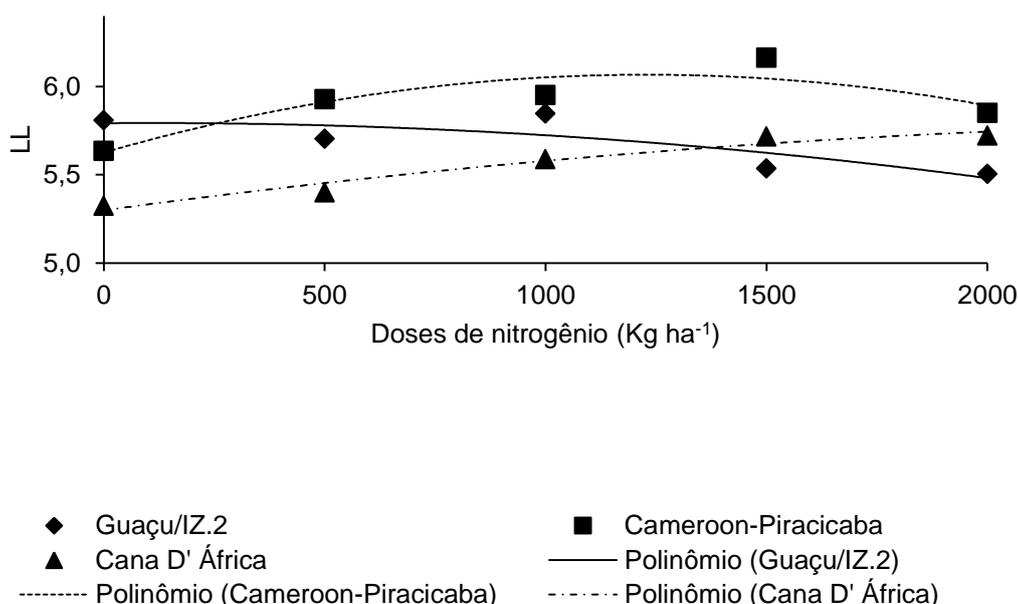


Figura 5 (continuação). Curva para a característica Largura Média da Lâmina Foliar (LL) obtida de três cultivares de Capim-elefante: Guaçu/IZ.2 (G1), Cameroon-Piracicaba (G2) e Capim Cana D'África (G3).

As cultivares Guaçu/IZ.2 e Cana D'África diferiram estatisticamente de Cameroon-Piracicaba na dose 1500 kg ha⁻¹ de N. A cv. Cana D'África diferiu de Guaçu/IZ.2 somente onde não usou adubação nitrogenada, mas não diferiu do Cameroon-Piracicaba nessa dose. Já na dose 500 kg ha⁻¹ de N, Cana D'África diferiu de Cameroon-Piracicaba e não diferiu de Guaçu/IZ.2.

A Cv. Cameroon-Piracicaba, respondeu positivamente ao incremento de N, aumentando a LL nas doses 500 e 1500 kg ha⁻¹ de N diferindo estatisticamente de Cana D'África nessas doses e de Guaçu/IZ.2 na dose de 1500 kg ha⁻¹ de N. Portanto, as respostas dessas cultivares podem ser melhor explicadas pela equação de regressão obtida, observando uma tendência crescente da LL em função da adubação nitrogenada para a cultivar Cana D'África, em virtude da equação mais representativa ser de aspecto linear, mostra grande capacidade de absorção de nitrogênio, indicando potencial para doses ainda maiores, bem como aumento de sua produtividade foliar, enquanto que Cameroon-Piracicaba foi até o limite de 1.238,62 kg ha⁻¹ de N proporcionando uma largura máxima de 6,52 cm.

Segundo Oliveira (2012), quanto à Largura Média da Lâmina (LM) a cv. Guaçu/IZ.2 obteve o melhor ajuste com modelo de 2º grau e coeficiente de determinação R² = 69,55% e Cameroon Piracicaba com modelo de 1º grau e coeficiente de determinação R² = 35,23%, estes obtiveram regressão com o mesmo nível de significância de 1% pelo teste F. Dessa forma, pode-se observar que as cultivares apresentam potencial para o aspecto de forragem, no entanto, cabe ressaltar que Cameroon-Piracicaba, devido à sua equação mais representativa ser de aspecto linear, mostra grande capacidade de absorção de nitrogênio, indicando potencial para doses ainda maiores, bem como aumento de sua produtividade foliar.

Mello et al. (2006), analisando clone de capim-elefante em Pernambuco constataram que a produção de lâmina foliar tem relação positiva com a altura da planta, indicando que as plantas com maior produção de folhas tendem a apresentar maior produção de matéria seca e altura de planta.

4. RESUMO E CONCLUSÃO

Em virtude de não ter apresentado efeito de fósforo e nem as interações que envolveram esse fator, objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito de 5 doses de nitrogênio na produção de biomassa, fundamentadas em análises de regressão para explorar de forma racional, essas cultivares no 3º corte sem irrigação.

Os resultados encontrados são bastante promissores e asseguram o uso do capim-elefante como uma fonte alternativa para produção da biomassa. Diante disto pode-se concluir que as três cultivares não diferiram estatisticamente na PMS, demonstrando tendência de aumento nessa característica em função das doses crescentes de nitrogênio, portanto o modelo de regressão que melhor se ajustou a esse fenômeno para a cv. Cana D'África foi o de 2º grau, sendo altamente significativo com $R^2 = 96,96\%$, atingindo o máximo físico de 1.004,43 Kg ha^{-1} de N, obtendo assim a produtividade máxima estimada de 16,29 t ha^{-1} . A cv. Guaçu/IZ.2 teve efeito quadrático significativo com $R^2 = 97,17\%$, obtendo a produtividade máxima estimada de 15,62 t ha^{-1} , na dosagem de 817,13 Kg ha^{-1} de N enquanto que Cameroon-Piracicaba não apresentou nenhum modelo de regressão em nível de 5% pelo teste de F, somente de 2º grau em nível de 10%, com $R^2 = 97,76\%$ atingindo uma produtividade máxima de 15,59 t ha^{-1} utilizando a dosagem de 1.039,47 Kg ha^{-1} .

A cultivar Cana D'África respondeu positivamente ao incremento da dose de N, demonstrando regressão para NPPM, por meio do modelo quadrático em nível de significância de 1% pelo teste F, com $R^2 = 84,93\%$, atingindo o máximo físico com a dose de $1.146,13 \text{ kg ha}^{-1}$ de N.

A cultivar Cameroon-Piracicaba diferiu estatisticamente das demais no DC em todas as doses de N utilizadas, mas na LL somente diferiu das outras na dose de 1500 kg ha^{-1} de N, enquanto que na dose de 500 kg ha^{-1} diferiu somente de Cana D'África, e este diferiu estatisticamente de Guaçu/IZ.2 não utilizando adubação nitrogenada e nas condições em que foram avaliadas.

Na largura da lâmina o modelo que melhor se ajustou foi o de 2º grau, com $R^2 = 82,00\%$, em nível de 5% de significância para Cameroon- Piracicaba, pois respondeu positivamente ao aumento dos níveis da adubação nitrogenada, atingindo a largura máxima de 6,52 cm utilizando a adubação máxima de $1.238,62 \text{ kg ha}^{-1}$ de N. Enquanto que Cana D'África foi o modelo de 1º grau em nível de 1% de significância, com $R^2 = 93,54\%$, indicando uma tendência de crescimento da lâmina foliar com aumento da adubação nitrogenada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, J. B. de; FERRARI JUNIOR, E.; BEISMAN, D. A. (2000) **Avaliação do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) visando o carvoejamento**. In: Encontro de Energia no Meio Rural, n.3, Annais, Campinas, SP.

BARBÉ, T. da C. **Variação de Caracteres Morfoagronômicos, Fisiológicos e da Qualidade da Biomassa Energética do Capim-elefante (*Pennisetum Purpureum* Schum.) em Função da Idade da Planta**. 124 f. 2012. Tese (Doutorado em Produção Vegetal)-Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes – RJ, 2012.

CARNEVALLI, R. A. **FORAGEIRAS UTILIZADAS PARA BOVINOS LEITEIROS**. Módulo I, p.12. <http://cpamt.sede.embrapa.br/biblioteca/material-de-curso/modulo-1/plantas%20forrageiras%20ii.pdf>, Acessado em 01/07/2013.

COELHO, R. W.; ALBUQUERQUE, R. F. de; SIEWERDT, L.; ZONTA, E. **Crescimento do Capim- Elefante Anão (*Pennisetum purpureum* Schum.) Cv. Mott, sob Doses Crescentes de Nitrogênio**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado. Documentos 101. ISSN 1516-8840, Pelotas-RS, 2002. Disponível em

http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/download/documentos/documento_101.pdf. Acessado em 26/06/2013.

CRUZ, C. D. **Programa Genes: Biometria**. Editora UFV. Viçosa (MG). 382p. 2006.

CRUZ, C. D, REGAZZI A.J (2001) **modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2 ed. Viçosa, Editora UFV.

DAHER, R. F.; PEREIRA, A. V.; PEREIRA, M. G.; LÉDO, F. J. S.; AMARAL JUNIOR, A. T.; ROCABADO, J. M. A.; FERREIRA, C. F.; TaARDIN, F. D. (2004). **Análise de trilha de caracteres forrageiros do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.)**. *Ciência Rural*. 34:1531-1535.

DAHER, R. F.; VÁSQUEZ, H. M.; PEREIRA, A. V.; FERNANDES, A. M. (2000) **Introdução e avaliação de clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) em Campos dos Goytacazes, RJ**. *Rev. bras. zootec.* 29:1296-1301.

DANALATOS, N. G; ARCHONTOULIS F. G; MITSIOS, I. **Potential growth and biomass productivity of *Miscanthus giganteus* as affected by plant density and N-fertilization in central Greece**. *Biomass and Bioenergy*, Rotterdam, v.31, p. 145-152. 2007.

EMBRAPA (2006). Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 306p.

FLORES, R. A.; URQUIAGA, S. S.; ALVES, B. J. R.; COLLIER, L. S.; ZANETTI, J. B., PRADO, R. M. (2012) **Nitrogênio e idade de corte na qualidade da biomassa de capim-elefante para fins agroenergético cultivado em Latossolo**. *Semina: Ciências Agrárias (Online)*, 16:1282-1288.

FONSECA, J. S. de; MARTINS, G. de A. **Curso de estatística**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 1996. 320p.

KAISER, W. M. **Effect of water deficit on photosynthetic capacity.** *Physiol. Plant.*,v.71, p.142-149. 1987.

KRAUSE, G. H.; WEIS, E. **Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: The basics.** *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Biol.*, v.42, p.313-349. 1991.

LEMAIRE, G. **Ecofisiologia de pastagens: aspectos da dinâmica das populações de plantas forrageiras em relvados pastejados,** 2001.

LEMAIRE, G. **The physiology of grass growth under grazing:tissue turnover.** In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL. GOMIDE, J. A. (ed.). *Anais...*1997, Viçosa, MG, 1997. p. 117-144.

LEMAIRE, G.; CHAPMAND. **Tissue Flows in Grazed Plant Communities.** In: *The Ecology and Management of Grazing Systems.* p. 3-36, 1996.

LOPES, B. A. **Aspectos Importantes da Fisiologia Vegetal para o Manejo.** Trabalho apresentado como parte das exigências da disciplina ZOO 750, no DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA do CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS da UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA, 2003.

MONTI, A.; FAZIO, S.; LYCHNARASB, P; SOLDATOS, P.; VENTURIA, G. **A full economic analysis of switchgrass under different scenarios in Italy estimated by BEE model.** *Biomass and Bioenergy*, Rotterdam, v. 31, p.177-185, 2007.

OLIVEIRA, E. da S. **Variação de caracteres morfoagronômicos e da qualidade da biomassa em seis genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) em função de diferentes doses de nitrogênio e análise da viabilidade econômica em Campos dos Goytacazes, RJ.** 120 f. 2012. Tese (Doutorado em Produção Vegetal)-Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes-RJ , 2012.

OLIVEIRA, A. V. de. **Avaliação do desenvolvimento inicial e de características morfoagronômicas e da qualidade de biomassa energética de 73 genótipos**

de capim-elefante em Campos dos Goytacazes-RJ. 64 f. 2013. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)-Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes-RJ, 2013.

QUEIROZ FILHO, J. L.; SILVA, D. S.; NASCIMENTO, I. S. **Produção de matéria seca e qualidade do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) cultivar roxo em diferentes idades de corte.** Revista Brasileira de Zootecnia, v.29, p.69-74, 2000.

QUESADA, D.M. (2001) **Seleção de genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* schum.) para alta produção de biomassa e eficiência da fixação biológica de nitrogênio (FBN).** Seropédica, RJ. Dissertação (Mestrado) 140p.

QUESADA, D. M.; BODDEY, R. M.; REIS, V.M.; URQUIAGA, S. (2004) **Parâmetros qualitativos de genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) estudados para a produção de energia através da biomassa.** Circular Técnica 8, Seropédica, RJ.

QUESADA, D. M. (2005) **Parâmetros quantitativos e qualitativos da biomassa de genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* schum.) com potencial para uso energético, na forma de carvão vegetal.** Tese (Doutorado)-Seropédica-RJ, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 65p.

RODRIGUES, L. R. de A.; PEDREIRA, J. V. S.; MATTOS, H. B. de. (1975) **Adaptação ecológica de algumas plantas forrageiras.** Zootecnia, Nova Odesa, V.13, n. 4, p. 201-218.

ROSSI, D. A. **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 (Mestrado em Produção Vegetal)-Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes-RJ, 2010.

SACCHET, A. M. de O. F. et al. **Estudos citogenética de algumas cultivares de *Pennisetum purpureum* Schum.** In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, 39., 1987. **Ciência e Cultura**, v. 39, n. 7, p.744. Suplemento. Resumo.

SANTOS, M. V. F.; JÚNIOR, J. C. B.; SILVA, M. C.; SANTOS, S. F.; FERREIRA, F. L. C.; MELLO, A. C. L.; FARIAS, I.; FREITAS, E. V. **Produtividade e Composição Química de Gramíneas Tropicais na Zona da Mata de Pernambuco.** *Revista Brasileira de Zootecnia*,v.32, n.4, p.821-827, 2003.

SILVA, A. L. C. da; SANTOS, M. V. F. dos; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; LIRA, M. de A.; FERREIRA, R. L. C.; FREITAS, E. V. de., CUNHA, M. V. da., SILVA, M. da C. **Variabilidade e herdabilidade de caracteres morfológicos em clones de capimelefante na Zona da Mata de Pernambuco.** *Bras. Zootec.*, v.39, n.10, p.2132-2140, 2010. Disponível: <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v39n10/05.pdf>, Acessado em 02/07/2013.

SILVA, E., ROCHA, C. R. (2010) **Eucalipto e capim elefante: características e potencial produtivo de biomassa.** *Revista Agrogeoambiental*, 2:143-152.

VIGTech Biotecnologia-Bionergia. **Fórum de discussão de produção de biomassa e biogás através de capim-elefante.** <http://vigtech.com.br/press/>, Acessado em 26/02/2013.

VITOR, C.M.T., FONSECA, D. M. da, CÓSER, A. C., MARTINS, C. E., JÚNIOR, D. do NASCIMENTO, JÚNIOR, J.I.R. **Produção de matéria seca e valor nutritivo de pastagem de capim-elefante sob irrigação e adubação nitrogenada.** *R. Bras. Zootec.* vol.38 no.3 Viçosa Mar. 2009. Disponível em: http://link.periodicos.capes.gov.br/sfxlcl41?ctx_ver=Z39.88-004&ctx_enc=info:ofi/enc:UTF-8&ctx_tim=2013-07-01T19%3A33. Acessado em 01/07/2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982009000300006>

CAPÍTULO 3. OTIMIZAÇÃO ECONÔMICA DA ADUBAÇÃO
NITROGENADA NO CAPIM-ELEFANTE PARA FINS
ENERGÉTICOS EM ALEGRE (ES)

RESUMO

SANTOS, Márcia Maria Paes; D. Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Setembro de 2013. Otimização econômica da adubação nitrogenada no capim-elefante para fins energéticos em Alegre (ES). Orientador: Prof. D.Sc. Rogério Figueiredo Daher. Coorientador: Prof. Niraldo José Ponciano. Conselheiros: Geraldo de Amaral Gravina e Antonio Vander Pereira.

Objetivou-se, no presente trabalho, estimar níveis de adubação nitrogenada que propiciam a máxima produtividade física e econômica das cultivares Guaçu/IZ.2, Cameroon-Piracicaba e Cana D'África. A função de produção foi utilizada para que os níveis de máximo físico e ótimo econômico fossem obtidos. O experimento foi conduzido no Instituto Federal do Campus de Alegre (ES), sem irrigação em Delineamento de Blocos Casualizados no esquema de parcelas subdivididas sob cinco doses (0; 500; 1.000; 1.500 e 2.000 kg ha⁻¹ de N) e 12 repetições. A estimativa da produtividade (t ha⁻¹) obteve ajuste estatístico significativo ($p < 0,05$) ao modelo de segunda ordem para as cultivares pesquisadas. Os resultados indicaram respostas positivas para a produtividade física em função da adubação nitrogenada. No entanto, diante do baixo preço da tonelada de capim (R\$ 41,82) e elevado preço da tonelada de nitrogênio (R\$ 2.670,00), o melhor retorno financeiro foi obtido quando não se utilizou fertilizante. A receita líquida operacional foi positiva para o Guaçu/IZ.2, Cameroon-Piracicaba e Cana D'África,

cujos respectivos valores foram R\$ 326,80; R\$ 219,54 e R\$ 281,49 por tonelada, todos sem adubação nitrogenada. Assim, pode-se concluir que há possibilidade de se manejar a produção de capim-elefante para fins energéticos sem a utilização da adubação nitrogenada nas condições avaliadas.

ABSTRACT

SANTOS, Márcia Maria Paes; D. Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. September, 2013. Economic optimization of nitrogen fertilization on elephant grass for energy purposes in Alegre (ES). Advisor: Prof. D.Sc. Rogério Figueiredo Daher. Co-advisor: Prof. Niraldo José Ponciano. Committee Members: Geraldo de Amaral Gravina and Antonio Vander Pereira.

The main objective of the present paper is to estimate nitrogen levels that provide the maximum physical and economic productivity of Guaçu/IZ.2, Cameroon-Piracicaba and Cana-D'África cultivars. To identify levels of 'physic maximum' and 'economic optimum', the 'production function' was used. The experiment was conducted at the Federal Institute Campus Alegre (Espírito Santo State) without irrigation in Delimitation of Randomized Blocks in a scheme of subdivided plots with five doses (0; 500; 1,000; 1,500 and 2,000 kg ha⁻¹ of N) and 12 repetitions. The estimated productivity (Mg ha⁻¹) obtained a significant statistical adjustment ($p < 0,05$) to the second-order model for the surveyed cultivars. The results indicated positive responses to physical productivity depending on nitrogen fertilization. However, given the low grass price (41.82 reais per ton) and the high nitrogen quote (2,670.00 reais per ton), the best financial return was obtained without using fertilizer. The net operating revenue was positive for Guaçu/IZ.2, Cameroon-Piracicaba and Cana D'África, whose values were 326,80 reais; 219,54 reais and 281,49 reais per ton, respectively, without nitrogen. Thus, it can be concluded that

there is a possibility to manage the production of elephant grass for energy purposes without the use of nitrogen fertilization.

1. INTRODUÇÃO

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) só recentemente despertou o interesse dos grandes empresários de energia devido à sua alta produtividade. O eucalipto cultivado para produzir celulose e carvão vegetal fornece 7,5 toneladas de biomassa seca por hectare ao ano, em média, e até 20 toneladas nas melhores condições, e o capim, de 30 a 40 toneladas (Mazzarella, 2007).

Neste contexto, surgem novas perspectivas para a geração de energia da biomassa vegetal, dado o futuro das indústrias estar nas fontes energéticas renováveis e o Brasil apresenta condições de liderar essa atividade, principalmente por sua extensão territorial, suas condições climáticas favoráveis, além dos benefícios oferecidos com a utilização de uma fonte de energia limpa proveniente da biomassa vegetal do capim-elefante (Mazzarella, 2000).

A Embrapa Agrobiologia tem desenvolvido estudos com a cultura para identificar genótipos capazes de acumular níveis satisfatórios de biomassa em solos pobres em nitrogênio (Moraes et al., 2009). Botrel et al. (2000), estudando novos clones de capim-elefante, dentre eles Cameroon, encontraram produtividade média anual de $31 \text{ t ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ de matéria seca. Estes resultados confirmam a boa seleção de variedades de capim-elefante que vem sendo feita para alta produção de biomassa e uso como fonte alternativa de energia (Quesada, 2001 e 2005), proporcionando, assim, resultados positivos que

asseguram o uso do capim-elefante como fonte alternativa de energia, constituindo-se em uma forma ambientalmente viável. Para a produção de biomassa energética, é interessante que os genótipos tenham desempenho elevado e estável durante os diferentes cortes, minimizando os efeitos de interação genótipos x ambientes (Daher et al., 2004).

O Brasil depende de insumos importados para fomentar sua produção agropecuária e a instabilidade do dólar provoca uma inflação que prejudica principalmente quem importa esses insumos, encarecendo a produção que necessita destes fertilizantes fazendo com que o produtor tenha um lucro menor. Diante disso é necessário racionalizar o uso deste insumo agrícola, pois os adubos nitrogenados são os que mais demandam energia fóssil, e com isso encarecem a produção.

Neste caso é fundamental a contribuição da fixação biológica de nitrogênio (FBN), pois é uma ferramenta relevante para a diminuição dos custos de produção e do aumento do balanço energético da cultura. O processo oferece atrativos tanto ambientais quanto econômicos, e promove considerável redução na dependência dos combustíveis fósseis. Face ao agravamento da crise energética mundial, o papel crucial que pode representar a agricultura com menos aporte de adubos químicos, e com mais adubos orgânicos e mais biofertilizantes, é essencial para garantir a produtividade sustentável dos solos e assegurar a segurança alimentar (Saikia e Jain, 2007). Portanto, a contribuição da FBN em um sistema de produção é de grande importância para uma economia de N-fertilizante, que demanda altos níveis de energia fóssil para sua produção, por isso deduz-se que os programas agroenergéticos somente serão sustentáveis se o consumo de N-fertilizante for cada vez menor e de forma mais eficiente, onde a FBN assuma papel fundamental para garantir o suprimento de nitrogênio para a planta e para a agricultura global, a forma mais importante, em decorrência a mais estudada, de FBN é a simbiótica realizada por leguminosas (Morais, 2009).

A utilização do capim-elefante para fins energéticos ainda é bastante incipiente. Estudos de aspectos econômicos para esse fim são praticamente inexistentes (Azevedo, 2003), portanto, é de suma importância fazer a avaliação de custos desta atividade agrícola, por apresentar como poderoso elemento auxiliar na tomada de decisão de quaisquer atividades, descrevendo a

compensação por todos os fatores produtivos ligados a essas (Gomes et al., 1989; Pizarro e Bresslau, 2001; Souza, 2002).

Segundo Lyra (2007), os custos de produção têm sido tradicionalmente importantes na administração rural e nos trabalhos de extensão, uma vez que refletem a eficiência na produção. A premissa básica para a gestão estratégica de custos de produção é de que não é possível gerenciar o lucro se não for possível avaliar o custo (Bullio, 2001).

De acordo com Ponciano et al. (2006), a premissa básica é a maximização dos lucros, e deve-se utilizar a análise marginal para a determinação do nível de insumo variável que maximiza o lucro. A utilização de funções de produção permite encontrar soluções úteis na otimização do uso dos fertilizantes na agricultura ou na previsão de rendimento das culturas (Frizzone, 1986). O atual estágio de desenvolvimento da produção de biomassa do capim-elefante para fins energéticos ainda é pouco comercializado no mercado; assim, existem inúmeros aspectos econômicos a serem investigados. Ao avaliar, por meio da relação de troca, o comportamento da rentabilidade da produção de arroz, milho, café e soja no Brasil, Ponciano et al. (2007) constataram que a relação de troca foi desfavorável para os produtores desses grãos, uma vez que o efeito preço relativo sobrepôs-se ao efeito compensação da produtividade.

O objetivo deste trabalho foi identificar as doses ótimas de adubação nitrogenada que propiciaram a máxima produtividade física e econômica do capim-elefante.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em 22 de abril de 2010, em área do Instituto Federal do Espírito Santo no Campus de Alegre (ES). O solo foi amostrado na profundidade de 0-20 cm para fazer análise granulométrica e química e apresentou: Areia 76,25%; Silte 2,52% e Argila 21,23%, pH em 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%.

Nesta área, foi conduzido um experimento não irrigado em Delineamento em Bloco Casualizado (DBC), no esquema de parcelas subdivididas sob cinco doses de adubação nitrogenada e quatro de adubação fosfatada, com três repetições para cada tratamento para verificar os potenciais de três cultivares de capim-elefante: o Guaçu/IZ.2, Cameroon-Piracicaba e Capim Cana D'África. As doses de N foram casualizadas nas subsubparcelas e distribuídas em cinco aplicações durante o ciclo vegetativo da cultura, no período chuvoso.

A área experimental utilizada foi constituída de 36 linhas de 12 m cada, e o plantio foi realizado em sulcos de 10 cm de profundidade no espaçamento de 1,50 m entre linhas, sendo colocado o fósforo (P), casualizado nas dosagens (50; 100; 200 e 400 Kg ha⁻¹ de P₂O₅) e, posteriormente, misturado com o solo para o enchimento do sulco. Em seguida, foram distribuídas as mudas nos respectivos sulcos, no sistema de pé com ponta, cortadas e cobertas a uma profundidade de

3 cm. Cada linha da subparcela, de 12 m de comprimento, comportou cinco subsubparcelas com 2,40 m de comprimento, denominada de unidade experimental (UE), com área de 3,60 m² cada. Os genótipos (G1, G2 e G3) ficaram nas parcelas, o fósforo, nas subparcelas (50; 100; 200 e 400 Kg ha⁻¹ de P₂O₅) e o nitrogênio, na subsubparcelas (0; 500; 1000; 1500 e 2.000 Kg ha⁻¹ de N), fracionados em 5 aplicações no período chuvoso. O primeiro corte de uniformização foi realizado em 4 de novembro de 2010; o segundo corte de uniformização, 90 dias após o primeiro (fevereiro de 2011). O terceiro corte foi feito em janeiro de 2013 para a obtenção de dados referentes aos objetivos da pesquisa, portanto, cada parcela (genótipos) comportou quatro linhas de plantio. Para a obtenção da área útil nas parcelas, retirou-se de cada linha 1,00 m de cada subsubparcela com área de 1,50 m². Este procedimento foi feito para analisar o comportamento de cada cultivar nas diferentes doses de nitrogênio e fósforo. 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).

A análise de variância para a variável PMS em t ha⁻¹ corte⁻¹ foi realizada conforme o modelo estatístico de parcelas subdivididas no espaço, utilizando o Software SAEG para verificar a significância dos fatores e interação genótipos x tratamentos (por corte), aplicando o teste de Tukey a 5%; havendo existência significativa, posteriormente, o aplicativo GENES foi utilizado para estimar modelos de equações na obtenção do máximo físico, sob diferentes doses de adubação nitrogenada para cada genótipo.

As produções de biomassa (matéria seca ha⁻¹) foram obtidas das médias de cada tratamento experimental, no terceiro corte de avaliação. Com isso, buscou-se contemplar a eficiência dos genótipos avaliados. Os gastos referentes aos insumos e serviços foram descritos em planilhas de cálculo (Microsoft Excel®), adaptados ao modelo apresentado pela Cedagro e por Dadalto, Barbosa e Costa (1995). Os custos com mão de obra e mecanização foram estimados com base em valores pagos, respectivamente, por dia/homem e hora/máquina, comumente praticados conforme a abrangência da região do projeto. Assim, os custos variáveis foram destinados à formação da área e ao que já era previsto em sua manutenção. O capital investido na formação do capim-elefante (preparo do

solo, insumos, mudas, plantio e outros.), depreciação da cerca e custo da terra, estes valores compuseram os custos fixos. Posteriormente, para verificar a rentabilidade foi realizada análise econômica, a partir das estimativas de custos totais por unidade de área em cada unidade experimental, obtendo seus valores médios (R\$ t⁻¹ de biomassa seca) da divisão dos seus custos pelas respectivas médias das produções de biomassa observadas para cada tratamento estabelecido.

Para correlacionar os componentes da produção de biomassa das cultivares às diferentes doses de nitrogênio e do fósforo, obteve-se produção de matéria seca em t ha⁻¹ (PMS), estimada pelo produto do peso da matéria verde das plantas integrais (kg), obtido em balança digital, provenientes de 1,5 metros quadrados (1,5 m²), pela percentagem de matéria seca da planta integral (%MS), obtida de amostragem destas plantas, esta estimada em amostras de plantas inteiras extraídas aleatoriamente dentre as plantas cortadas da área útil, pesadas e submetidas à pré-secagem em estufa de ventilação forçada, a 65°C por 72 horas e pesadas novamente para a obtenção da percentagem de matéria seca da planta integral (%MS), realizada de acordo com a metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002). Após a secagem, as amostras foram moídas (1 mm) em moinho tipo Wiley e acondicionadas em vidros. Os teores de matéria seca foram obtidos mediante secagem em estufa com ventilação de ar forçada, a 105°C por 48 horas, servindo este parâmetro como base para expressar a produção de matéria seca em t ha⁻¹(PMS), estimada pelo produto da produção de matéria verde da planta integral e pela percentagem de matéria seca da planta integral, sendo o valor obtido convertido para t ha⁻¹. A partir dos dados de produção e produtividade, foram feitas as análises econômicas das funções de resposta (produção x genótipo e adubação).

A produtividade foi determinada nas parcelas de cada bloco no experimento e, conseqüentemente, a produtividade média de cada cultivar e tratamento, foi realizada de forma a estabelecer uma relação entre a produtividade da cultivar e o tratamento, após o corte efetuado para análise das características morfoagronômicas avaliadas na obtenção da produção de biomassa do capim- elefante.

O modelo utilizado foi um polinômio do segundo grau, conforme a equação:

$$Y = f(X) = a + bX + cX^2 + e_i \quad (1)$$

em que :

Y = produtividade de biomassa por cultivar, Mg ha⁻¹ por corte ;

X = adubação nitrogenada, kg ha⁻¹ por corte;

a,b, c = coeficiente de ajuste;

e_i = erro aleatório.

Com a função de produção ajustada, são determinadas as doses de adubação nitrogenada (X_m) que maximizam a produção (equações 2 e 3) :

$$X_m = -\frac{b}{2c} \quad (2)$$

$$Y_{\max} = a + bX_m + cX_m^2 \quad (3)$$

em que

X_m = doses da adubação nitrogenada kg ha⁻¹ por corte , que proporcionaram o máximo valor de produção por cultivar;

Y_{max} = produtividade máxima, t ha⁻¹ por corte.

A receita líquida operacional é expressa por:

$$L(X) = P_Y Y - (P_X X + C + k) + e_i \quad (4)$$

em que

L(X) = receita líquida operacional, em R\$ por tonelada;

P_Y = preço do produto, em R\$ t⁻¹;

P_X = preço do fator adubo, kg ha⁻¹;

C = custo dos fatores fixos, em R\$;

k = custos variáveis não relacionados ao custo da adubação; R\$

e_i = erro aleatório.

A equação (5) da maximização do lucro é obtida calculando-se a derivada de primeira ordem da equação (4).

$$X_{ot} = \frac{P_X - P_Y b}{2 P_Y c} \quad (5)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados meteorológicos referentes à precipitação pluviométrica registrados no período de julho de 2012 a janeiro de 2013, no IFES, Campus de Alegre, no Sul do Espírito Santo, indicaram 391 mm referente ao corte três, o que corrobora o efeito verificado. De acordo com Rodrigues et al. (1975), o capim-elefante desenvolve-se bem em locais onde a precipitação varia de 800 a 4.000 mm ano⁻¹. Durante o período de avaliação, foram registrados 390,95 mm de chuvas, total que é inferior ao indicado para o bom crescimento da cultura.

Durante o desenvolvimento, as cultivares enfrentaram dois estresses hídricos nos períodos críticos de estiagem registrados em outubro e dezembro de 2012, com volume total mensal de 30,50 mm e 33,90 mm, respectivamente, causando um déficit no balanço hídrico (BH) de 143,10 mm e 161,40 mm, na mesma ordem.

Os resultados das análises de variância simples para as características morfoagronômicas avaliadas envolvendo três genótipos sob quatro doses de fósforo e cinco de nitrogênio evidenciaram efeito não significativo pelo teste F ($P > 0,05$) para todas as características morfoagronômicas nas fontes de variação do fator fósforo, das interações genótipo e fósforo, genótipo e nitrogênio, nitrogênio e fósforo e da interação tripla genótipo, fósforo e nitrogênio, indicando independência entre os fatores. Os tratamentos com genótipos e as doses de nitrogênio foram altamente significativos ($P < 0,01$) para PMS.

O modelo que melhor se ajustou pela análise de regressão foi o quadrático, sendo significativo e altamente significativo para regressão de 2º grau, em nível de 5% pelo teste F, para Guaçu/IZ.2 (G1) e Capim Cana D'África (G3), que apresentaram coeficientes de determinação de $R^2 = 97,17\%$ e $R^2 = 96,96\%$, respectivamente.

Para a cultivar Cameroon-Piracicaba (G2), os modelos obtidos de 1º e 2º graus não se ajustaram ao nível de significância de 5% pelo teste "F". O modelo que melhor se ajustou para essa cultivar (G2) em nível de 10% de significância foi o de 2º grau, apresentando $R^2 = 97,76\%$; porém, os coeficientes de ajustes do modelo (b e c) não foram estatisticamente significativos ($p > 0,05$) pelo teste t (bilateral) para a variável produção de matéria seca em função das doses de nitrogênio para as três cultivares.

A variação da produção de matéria seca (PMS) para as cultivares pesquisadas, em função das doses de nitrogênio aplicadas no experimento, pode ser explicada pelos modelos $y^{\wedge} = 14,1781 + 3,53 \cdot 10^{-3}N - 2,16 \cdot 10^{-6}N^2$ para a cultivar Guaçu/IZ.2, $y^{\wedge} = 13,1201 + 4,74 \cdot 10^{-3}N - 2,28 \cdot 10^{-6}N^2$ para Cameroon-Piracicaba e $y^{\wedge} = 11,6853 + 9,16 \cdot 10^{-3}N - 4,56 \cdot 10^{-6}N^2$ para Cana D'África (Figura 1).

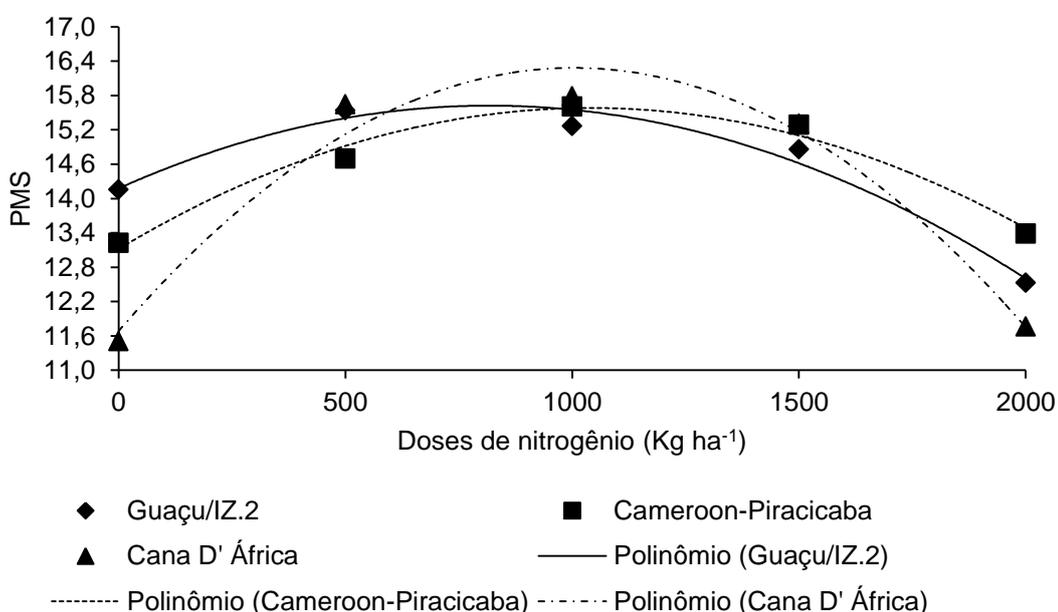


Figura 1. Curva para a característica Produção de Matéria Seca (PMS) em $Mg\ ha^{-1}$, obtida em três cultivares de capim-elefante: Guaçu/IZ.2 (G1), Cameroon-Piracicaba (G2) e Capim Cana D'África (G3) em função das doses (0; 500; 1.000; 1.500 e 2.000 $kg\ ha^{-1}$ de N)

Ass três cultivares não diferiram estatisticamente quanto às doses de N utilizadas, no teste de Tukey a 5% de probabilidades para a característica de produção de matéria seca (PMS); porém, houve incremento de PMS para o capim Cana D'África, respondendo positivamente as doses crescentes até a dose N3.

Aplicando-se a função de produção, a máxima produtividade estimada foi de 15,6203 Mg ha⁻¹ para a cv. Guaçu/IZ.2, na dose de 817,1296 Kg ha⁻¹ de N. Para Cameroon-Piracicaba, foi de 15,5845 Mg ha⁻¹, utilizando-se a dose de 1.039,4737 kg ha⁻¹ de N e a cv. Cana D'África atingiu máxima produtividade estimada de 16,2854 Mg ha⁻¹, com a dose de 1.004,4254 Kg ha⁻¹ de N.

Quanto à produção máxima obtida, pode-se observar que está dentro da amplitude relatada em Carvalho (1985), em trabalho com várias cultivares de capim-elefante. Segundo Flores (2012), a produção total de matéria seca de capim-elefante também apresentou interação entre a dose de N-fertilizante aplicado com a idade de corte; porém, essas interações nos cortes aos 120 e 150 dias após o brotamento foram realizadas com ajustes quadráticos, atingindo 29,4 e 31,7 t ha⁻¹ nas doses de 121,2 e 142 kg ha⁻¹ de N. Já no corte realizado aos 180 dias após o brotamento, observou-se um ajuste significativo linear, atingindo 41,2 t ha⁻¹ com a dose aplicada de 150 kg de N-fertilizante.

Oliveira (2012) observou em seus trabalhos desenvolvidos em experimento conduzido no Centro Estadual de Pesquisas em Agroenergia e Aproveitamento de Resíduos, no município de Campos dos Goytacazes (RJ), que, na produção obtida de matéria seca (PMS), pela análise de regressão, a única cultivar que demonstrou regressão em nível de 1% de significância pelo teste F, foi Cameroon-Piracicaba, que teve coeficiente de determinação de $R^2 = 73,89\%$, e o modelo que melhor se ajustou sob cinco doses (100; 200; 400; 800 e 1.600 Kg ha⁻¹ de N) foi o de 1º grau.

Em se tratando da cultivar Guaçu/IZ.2, o modelo que melhor se ajustou foi o de 2º grau ($\hat{y} = 14,1781 + 3,53 \cdot 10^{-3}N - 2,16 \cdot 10^{-6}N^2$, com $R^2 = 97,17\%$) em nível de 5% de significância pelo teste F, enquanto que Oliveira (2012) indicou que os modelos de 1º e 2º graus não se ajustaram ao nível de significância de 5% pelo teste F quanto às doses de adubação utilizadas.

Andrade et al. (2003) obtiveram para Guaçu em Nova Odessa (SP), a variação da produção de matéria seca em função das doses de nitrogênio aplicadas, o modelo linear $y = 19,96 + 0,0348 x$, com $R^2 = 97\%$, mostrou que, à

medida que aumenta a dose de nitrogênio aplicada, aumenta a produção de matéria seca. Já no experimento de Brotas (SP), de acordo com Andrade et al. (2003), em relação à variação da produção de matéria seca em função das doses de nitrogênio aplicadas, o modelo que melhor se ajustou foi o quadrático, representado pela equação $y = 33,70 + 0,1598 x - 0,0003 x^2$, com $R^2 = 98\%$, o que mostra que, em Brotas, foi atingido um potencial máximo de produção de matéria seca com a aplicação de mais ou menos 200 kg de nitrogênio.

Em se tratando do capim Cana D'África, os resultados obtidos nos cortes 1 e 3 com o mesmo intervalo de tempo quando comparado com a produção anual obtida por Oliveira (2013), de $31,00 \text{ t ha}^{-1}$, foram superiores levando-se em consideração a produção do corte 1, que foi de $34,10 \text{ t ha}^{-1}$ e do corte 3, de $15,78 \text{ t ha}^{-1}$, ambos com intervalos de seis meses, totalizando, portanto, produção anual de $49,88 \text{ t ha}^{-1}$. Dessa forma, observa-se que uma maior dose de adubação nitrogenada tende a aumentar a produção de matéria seca. Nesse sentido, o modelo linear que melhor se ajustou foi o de 2º grau, em nível de 1% de significância pelo teste F em função dos níveis de adubação nitrogenada utilizada no Capim Cana D'África ($y^{\wedge} = 11,6853 + 9,16 \cdot 10^{-3}N - 4,56 \cdot 10^{-6}N^2$) cujo R^2 foi de 96,96%, conforme a representação da Figura 1.

Na estimativa do máximo físico e o ótimo econômico, neste trabalho foi proposta a utilização de um polinômio do segundo grau (Lyra, 2008; Frizzone, 1991). Esta equação é considerada a mais utilizada para a função de produção "adubação-cultura".

Nesse contexto, é necessário o uso da função de produção para análise e discussão dos resultados de experimentação agrícolas. Seu uso está relacionado à determinação dos níveis economicamente ótimos dos fatores envolvidos no processo produtivo, dos quais são os principais pontos de aplicação em experimentos agrícolas. Assim, a função produção indica, em termos quantitativos, o máximo da quantidade do produto que pode ser produzido, baseado em uma determinada quantidade de fatores produtivos e em uma determinada tecnologia.

Para uso da função de produção, foi considerado valor de R\$ 2,67 por kg de N (R\$ 60,00 para um saco de ureia com 50 kg), custo médio de produção por corte de R\$ 451,84 por hectare; e produção média de $12,9642 \text{ t ha}^{-1}$ de MS.

O preço de venda do capim-elefante foi calculado de acordo com Embrapa, Urquiaga, S.-Brasil-2006, citado por Vicente N.G. Mazzarella (2007), como base de precificação em uma produção média de matéria seca de 30 t ha⁻¹, utilizando-se o valor do custo médio de produção e aplicando-se 20% de lucro.

O custo de produção foi de R\$ 34,85 por tonelada de matéria seca, com 20% de lucro de margem de comercialização. Assim, obteve-se o preço de venda estimado na relação benefício e custos de produção (B/C) ≥ 1,2, que totalizou R\$ 41,82 por tonelada de matéria seca. Segundo Vilela et al. (2007), o custo do m³ da biomassa do capim-elefante com 80% de MS, incluindo custo variável e fixo, é de R\$ 42,50 por tonelada.

As três cultivares responderam positivamente ao aumento dos níveis da adubação nitrogenada usada, aumentando a produtividade até atingir o máximo físico. Após o máximo, a tendência foi de decréscimo na produtividade de matéria seca com a dose aplicada, conforme as Figuras 2, 3 e 4.

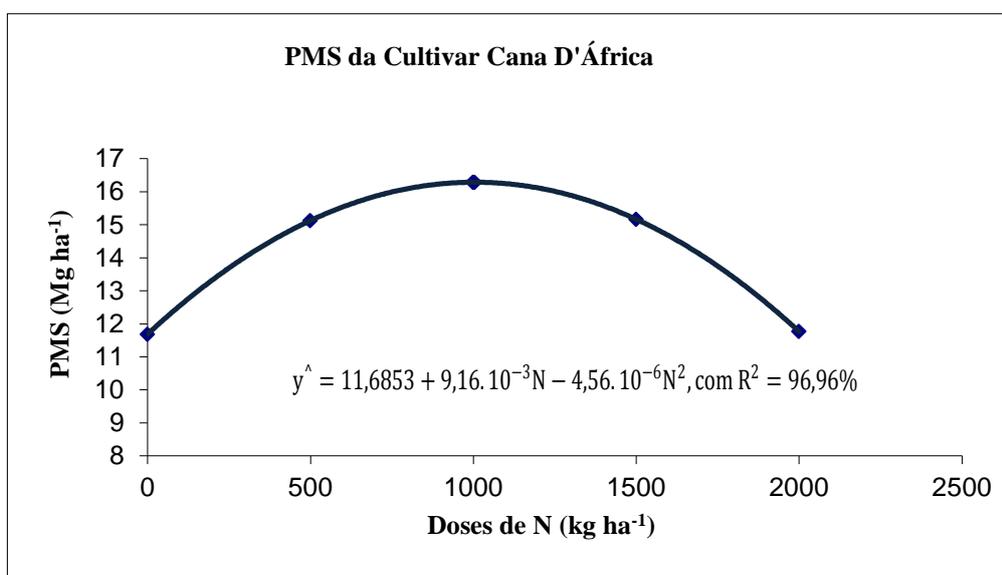


Figura 2. Curva de ajuste do modelo de segunda ordem da cultivar Guaçu/IZ.2 para a variável produção de matéria seca em função das doses de nitrogênio.

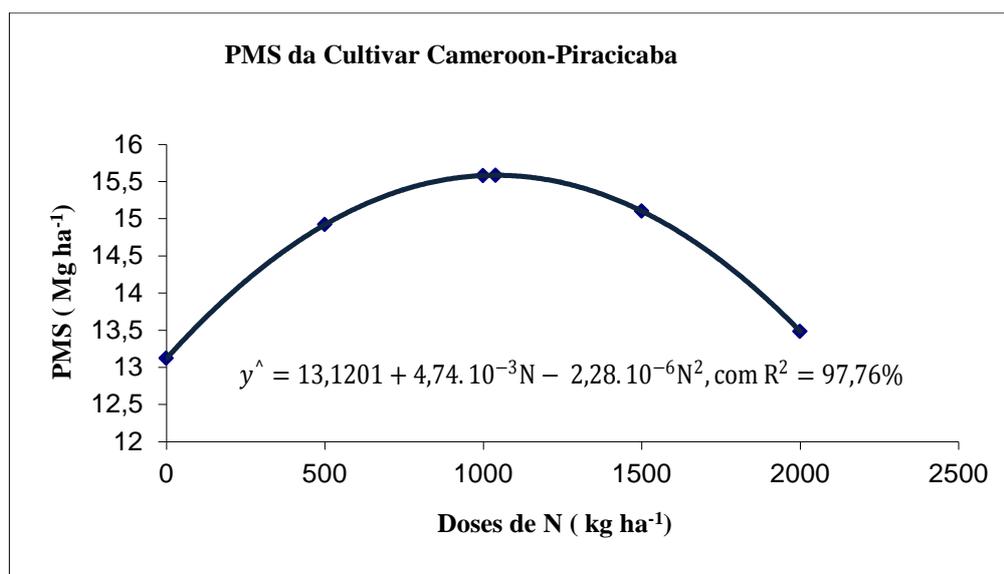


Figura 3. Curva de ajuste do modelo de segunda ordem da cultivar Cameroon-Piracicaba para a variável produção de matéria seca em função das doses de nitrogênio.

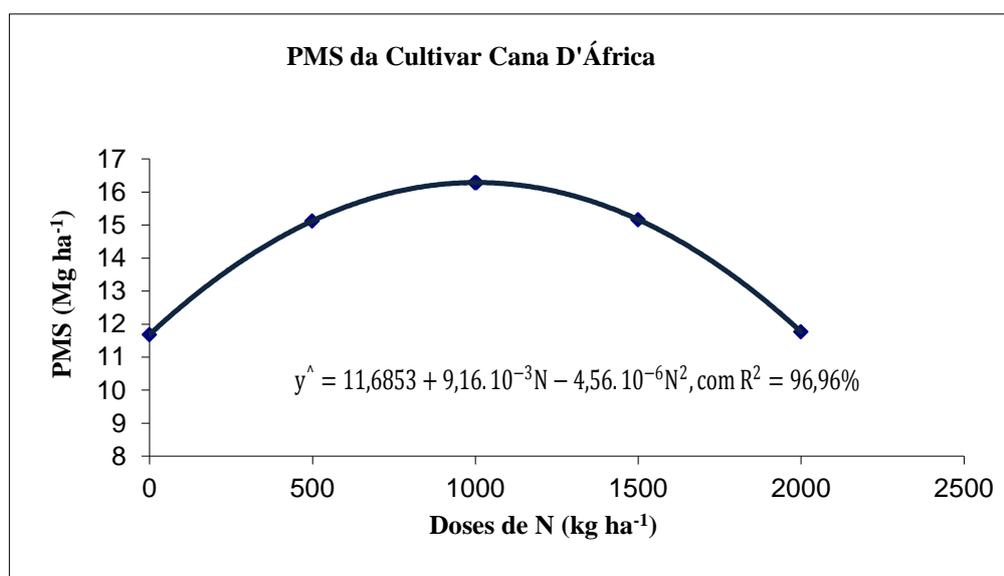


Figura 4. Curva de ajuste do modelo de segunda ordem da cultivar Cana D'África para a variável produção de matéria seca em função das doses de nitrogênio.

Os resultados obtidos diferem do observado por Andrade et al. (2003) e Oliveira (2012) em experimentos realizados com essas cultivares em Brotas (SP) e em Campos dos Goytacazes (RJ). Respostas positivas têm sido observadas por Oliveira (2012) para a cv. Cameroon-Piracicaba para uma produção máxima de

matéria seca de 60,97 t ha⁻¹, mediante adubação ótima de 1995,64 Kg ha⁻¹ de N e, para a cv. Guaçu/IZ.2, a produtividade máxima atingida foi de 44,10 t ha⁻¹, com adubação de 662,18 kg ha⁻¹ de N em um período de 10 meses. No trabalho de Andrade et al. (2003), em Brotas (SP), a cv. Guaçu atingiu potencial máximo de 88,4269 t ha⁻¹ de produção anual de matéria seca com aplicação de 228,3 kg ha⁻¹ de N.

De acordo com Vítor et al. (2009), os resultados obtidos no Campo Experimental de Coronel Pacheco (MG), pertencente à Embrapa Gado de Leite, indicam que a produção de matéria seca acumulada aumenta linearmente de acordo com as doses de nitrogênio (100; 300; 500 e 700 kg ha⁻¹ de N), para o capim-elefante cv. Napier com as lâminas d'água aplicadas durante todo o período experimental e período chuvoso. No período seco, os resultados da produção de matéria seca do capim-elefante ajustaram-se ao modelo quadrático de regressão com as lâminas d'água aplicadas. A maior produção acumulada em todos os períodos foi obtida com a dose de nitrogênio de 700 kg ha⁻¹, 29.049,04 kg ha⁻¹ de MS em todo o período experimental, sendo 21.128,43 kg ha⁻¹ de MS no período chuvoso e 8.066,73 kg ha⁻¹ de MS no período seco.

Estudos mostraram respostas com alto potencial de produção com adubação nitrogenada na ordem de 1.800 kg ha⁻¹ de N por ano, sendo que a dose com maior eficiência ocorreu próxima de 450 kg ha⁻¹ de N (Corsi, 1972; Andrade, 2000). Em explorações intensivas, têm sido observadas respostas positivas de até 800 kg ha⁻¹ de N por ano, mas, na maioria dos trabalhos, os níveis econômicos são bem inferiores (Fernandes; Rossiello, 1986).

A dose ótima econômica para as três cultivares (Guaçu/IZ.2, Cameroon-Piracicaba e Cana D'África) foi negativa. Portanto, diante das condições avaliadas, não é recomendável o uso da adubação nitrogenada de cobertura. A receita líquida operacional foi positiva para Guaçu/IZ.2, Cameroon-Piracicaba e Cana D'África, com valores de R\$ 326,80; R\$ 219,54 e R\$ 281,49, respectivamente por tonelada, sem adubação nitrogenada. Para as outras doses de N, foi negativa.

4. CONCLUSÃO

Nas condições experimentais, permitiu-se concluir que há possibilidade de se manejar a produção de capim-elefante para fins energéticos sem a utilização da adubação nitrogenada. A exploração experimental dessa cultura, por meio de diferentes dosagens de adubação nitrogenada em três cultivares, respondeu positivamente em produtividade, mas mostrou que, diante do baixo preço da tonelada de capim e do elevado preço do fertilizante, a receita líquida operacional foi positiva para Guaçu/IZ.2, Cameroon-Piracicaba e Cana D'África, com os respectivos valores R\$ 326,80; R\$ 219,54 e R\$ 281,49 por tonelada, cujo melhor retorno financeiro foi obtido ao não se utilizar a adubação nitrogenada.

Assim, pode-se concluir que há possibilidade de se manejar a produção de capim-elefante para fins energéticos sem a utilização da adubação nitrogenada nas condições avaliadas, mas em longo prazo de exploração novos estudos deverão ser realizados.

Os recorrentes déficits hídricos na região podem ter afetado a resposta na produção em função da adubação nitrogenada. As produtividades obtidas nas três cultivares em relação às diferentes doses de nitrogênio não proporcionaram retorno econômico satisfatório. Assim, conclui-se que não é recomendável a utilização de adubação nitrogenada na produção de capim-elefante para fins energéticos em sistema de sequeiro no município de Alegre (ES).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O manejo de capim-elefante para a produção de biomassa para fins energéticos com ganho econômico foi sem adubação nitrogenada. Sendo assim, com a não utilização de nitrogenados para essa finalidade em longo prazo de exploração, estudos deverão ser realizados na fixação biológica de nitrogênio (FBN) associada ao capim-elefante para uma agricultura sustentável.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, J. B.; JÚNIOR, E. F.; BEISMAN, D. A. et. al. **Avaliação do capim-elefante (*pennisetum purpureum schum.*) visando o carvoejamento.** In: *Anais do 3º Encontro de Energia no Meio Rural -AGRENER 2003*. Campinas, Setembro 2003. Disponível em: <www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022000000100029&script=sci_arttext>. Acesso em: 06 jun. 2010.

AZEVEDO, P. B. M. **Aspectos econômicos da produção agrícola do capim elefante.** In: *Anais do 3º Encontro de Energia no Meio Rural -AGRENER 2003*. Campinas, Setembro 2003. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022000000100032&script=sci_arttext#figura1>. Acesso em: 17 jun. 2010.

BOTREL, M. A., PEREIRA, A. V., FREITAS, V. P. **Potencial forrageiro de novos clones de capim-elefante.** *Rev. Bras. Zootec.*, v. 29, n-2, p. 334-340, 2000.

BULLIO, M. T. Metodologias alternativas para a gestão estratégica de custos do setor sucroalcooleiro. **Revista STAB - açúcar álcool e subprodutos**, Piracicaba-SP, v.19, n.6, p. 34-38, Jul./ag. 2001.

CARVALHO, L. A. ***Pennisetum purpureum* Schum.** Revisão. EMBRAPA-CNPGL, Coronel Pacheco, MG, 1985, 86p. (Boletim de Pesquisa, 10).

CRUZ, C. D. **Programa Genes: Biometria.** Viçosa- MG: UFV, 2006, 382p.

DADALTO, G. G.; BARBOSA, C. A.; BERGOLI, E. **Coeficientes técnicos para o custeio de produtos agrícolas no Estado do Espírito Santo (1ª Aproximação).** Vitória: SEAG: ES, 1995. 32 p.

DAHER, R. F.; PEREIRA, A. V.; PEREIRA, M. G.; LÉDO, F. J. S.; AMARAL JUNIOR, A. T.; ROCABADO, J. M. A.; FERREIRA, C. F.; TARDIN, F. D. **Análise de trilha de caracteres forrageiros do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.).** *Ciência Rural.* 34:1531-1535, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA AGROBIOLOGIA). **Capim elefante: Uma nova fonte alternativa de energia.** Disponível em: <<http://ambientais.ambientalbrasil.com.br/agropecuario/artigoagropecuario/capim.html>>. Acesso em: 05 Ag. 2009.

FERNANDES, M. S.; ROSSIELLO, R. O. P. **Aspectos do metabolismo e utilização do nitrogênio em gramíneas tropicais.** In: *SIMPÓSIO SOBRE CALAGEM E ADUBAÇÃO DE PASTAGENS*1., 1985, Nova Odessa. **Anais...** Piracicaba; Associação Brasileira para Pesquisa da potassa e do fosfato, 1986, p. 421-442.

FLORES, R. A.; URQUIAGA, S. S.; ALVES, B. J. R.; COLLIER, L. S.; MORAIS, R. F. de; PRADO, R. de M. **Adubação nitrogenada e idade de corte na produção de matéria seca do capim-elefante no Cerrado.** *Rev. Bras, Eng. Agric. Ambient.* Vol. 16 Nº 12, Campina Grande Dec. 2012. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662012001200004&script=sci_arttext. Acesso em 26 jul. 2013.

FRIZZONE, J. A. Planejamento otimizado da irrigação. In: D. NETTO, D.; SAAD, A. M.; VANLIER, Q. J. **Curso de agricultura irrigada**. Piracicaba: Dep. de Agricultura, ESALQ, 1991. p.1-26.

GOMES, S. T., MELLO, R. P., MARTINS, P. C. **O custo de produção de leite**. Brasília: SNAB/MA, 1989. 66p.

LIRA, M. de A.; FERNANDES, A. de P. M.; et al. **Efeito da Adubação Nitrogenada e Fosfatada no Rendimento do Capim elefante “*Pennisetum Purpureum*” Schum.)**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.31, n.1, jan 1996, p.19-26. Disponível em: [http://webnotes.sct.embrapa.br/pab/pab.nsf/dfe523788c4d9ae503256508004f34ca/06f9a8ee5d618f70032567c9004dd0a2/\\$FILE/pab96jan_02.pdf](http://webnotes.sct.embrapa.br/pab/pab.nsf/dfe523788c4d9ae503256508004f34ca/06f9a8ee5d618f70032567c9004dd0a2/$FILE/pab96jan_02.pdf). Acesso em: 22 abr. 2012.

LYRA, G. B.; PONCIANO, N. J.; SOUSA, E. F. de; BERNARDO S.; DAHER, R. F.; PEREIRA, M. G.; MARINHO, A. B. **Estimativa dos Níveis Ótimos e Econômicos de Irrigação no Mamoeiro (Carica Papaya L.) Cultivar Golden nas Condições do Norte do Espírito Santo**. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, v. 30, n. 2, Junho 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbf/v30n2/a21v30n2.pdf>>. Acesso em: 2 set. 2011.

MAZZARELLA, V. N. G. **Projeto prevê a obtenção de energia através da utilização de capim-elefante**. Revista Meio Ambiente Industrial. 24 ed. n. 23, 2000. p.82-83.

MAZZARELLA, V. N. G. **Capim elefante como fonte de energia no Brasil: realidade atual e expectativas**. Workshop Madeira Energética. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <http://www.inee.org.br/down_loads/eventos/0945VicenteMazzarela%20IPT.ppt>. Acesso em 25 jun. 2013.

MAZZARELA, V. N. G. **Jornada Madeira Energética Capim-elefante com Fonte de Energia no Brasil: Realidade Atual e Expectativas**. IPT-BNDS - Rio de Janeiro, maio de 2007.

MORAIS, R. F.; ZANETTI, J. B.; PACHECO, B. M. et al. **Produção e qualidade da biomassa de diferentes genótipos de capim-elefante cultivados para uso energético**. Rev. Bras. De Agroecologia/nov. 2009 Vol. 4 No. 2.

OLIVEIRA, E. da S. **Variação de caracteres morfoagronômicos e da qualidade da biomassa em seis genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) em função de diferentes doses de nitrogênio e análise da viabilidade econômica em Campos dos Goytacazes, RJ**. 120 f. 2012. Tese (Doutorado em Produção Vegetal)-Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes-RJ , 2012.

OLIVEIRA, A. V. de. **Avaliação do desenvolvimento inicial e de características morfoagronômicas e da qualidade de biomassa energética de 73 genótipos de capim-elefante em Campos dos Goytacazes-RJ**. 64 f. 2013. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)-Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes-RJ, 2013.

PIZARRO, C.; BRESSLAU, S. **Custo de produção de leite de cabra**. In: ENCONTRO DE CAPRINOCULTORES DO SUL DE MINAS E MÉDIA MOGIANA, 5, 2001, Espírito Santo do Pinhal. Anais...Espírito Santo dos Pinhais. Disponível em: <<http://www.fmvz.unesp.br/fmvz/Informativos/ovinos/repman16.pdf>>. Acesso em: 06 Ag. 2013.

PONCIANO, N. J.; SOUZA, P. M. de ; MATA, H. T. da C. et al. **Análise de Viabilidade Econômica e de Risco da Fruticultura na Região Norte Fluminense**. *Revista de Economia e Sociologia Rural* (Impresso). , v.42, 2004, p.615 - 635.

PONCIANO, N. J.; CONSTANTINO, C. O. R., SOUZA, P. M., DETMANN, E. **Avaliação econômica da produção de abacaxi (*Ananas cosmosus* L.)**

cultivar perola na região Norte Fluminense. Caatinga, Mossoró - RN, v.19, n.1, 2006, p.82-91.

QUESADA, D.M. **Seleção de genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) para alta produção de biomassa e eficiência da fixação biológica de nitrogênio (FBN).** 2001. Dissertação (Mestrado) - Seropédica, RJ. 140 p.

RODRIGUES, L. R. de A.; PEDREIRA, J. V. S.; MATTOS, H. B. de. **Adaptação ecológica de algumas plantas forrageiras.** Zootecnia, Nova Odessa, v.13, n. 4, 1975, p. 201-218.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. de. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos.** 3. ed. Viçosa, 2002, 235p.

VILELA, H.; CERIZE, D. **Capim Elefante Paraíso na geração de energia. Agronomia: Portal da Ciência e Tecnologia.** Disponível em: <http://www.agronomia.com.br/conteudo/artigos/artigos_capim_elefante_paraíso_geracao_energia.htm>. Acesso em: 02 ag. 2013.

VITOR, C. M. T.; FONSECA, D. M. da,; CÓSER, A. C.; MARTINS, C. E.; JÚNIOR, D. do N.; JÚNIOR, J. I. R. **Produção de matéria seca e valor nutritivo de pastagem de capim-elefante sob irrigação e adubação nitrogenada.** R. Bras. Zootec. vol.38 no.3 Viçosa Mar. 2009. Disponível em: http://link.periodicos.capes.gov.br/sfxlcl41?ctx_ver=Z39.88-004&ctx_enc=info:ofi/enc:UTF-8&ctx_tim=2013-07-01T19%3A33. Acesso em: 26 jun. 2013.

ANEXOS

Anexo 1. (Tabela 11. DOSE 0) – Coeficientes técnicos para o custeio de 1,0 ha de capineira (Capim-elefante), com produção média de 12,964 t ha⁻¹ de matéria seca por corte (2 cortes por ano), com 3 cortes no período, representativos e utilizados no fluxo de caixa

| ESPECIFICAÇÃO | UNI D | VALOR UNIT (R\$) | QUAN T. (kg) | VALOR 1º CORTE (R\$) | VALOR 2º CORTE (R\$) | VALOR 3ºCorte (R\$) |
|---|----------|-------------------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| 1. INSUMOS | | | | Saídas | Saídas | Saídas |
| Mudas | t | - | - | - | - | - |
| Calcário | t | - | - | - | - | - |
| Nitrogênio(N) | Kg | - | - | - | - | - |
| Fósforo(P ₂ O ₅) | Kg | - | - | - | - | - |
| Potássio(K ₂ O) | Kg | - | - | - | - | - |
| Herbicida | L | 18,00 | 2 | 36,00 | - | 36,00 |
| Análise de solo | UD | 26,00 | 1 | 26,00 | - | - |
| Total 1 | - | - | - | 62,00 | - | 36,00 |
| 2. SERVIÇOS | | | | | | |
| Aração | HT | 65,00 | 3 | 195,00 | - | - |
| Calagem | HT | - | - | - | - | - |
| Gradagem | HT | 65,00 | 2 | 130,00 | - | - |
| Sulcamento | HT | 65,00 | 2 | 130,00 | - | - |
| Asub. de plantio | d/H | - | - | - | - | - |
| Corte de mudas | d/H | 30,00 | 1 | 30,00 | - | - |
| Transp. de mudas | d/H | 30,00 | 2 | 60,00 | - | - |
| Plantio de mudas | d/H | 30,00 | 6 | 180,00 | - | - |
| Asub. de cobertura | d/H | - | - | - | - | - |
| Roçadas e capinas | D/H | 30,00 | 4 | 120,00 | - | 120,00 |
| Aplic. de herbicida | d/H | 40,00 | 1 | 40,00 | - | 40,00 |
| Colheita e transp. | d/H | 30,00 | 10 | 300,00 | 300,00 | 300,00 |
| Total 2 | - | - | - | 1185,00 | 300,00 | 460,00 |
| Total Geral | - | - | - | 1247,00 | 300,00 | 496,00 |
| 3. INVESTIMENTO | | | | | | |
| Mocho de eucálio | Ud | 12,00 | 10 | 120,00 | - | - |
| Estaca de eucálio | Dz | 96,00 | 4 | 384,00 | - | - |
| Arame farpado | m | 0,625 | 800 | 500,00 | - | - |
| Grampos | Kg | 9,50 | 1,5 | 14,25 | - | - |
| Mão-de-obra | d/H | 30,00 | 8 | 240,00 | - | - |
| Total 3 | - | - | - | 1258,25 | - | - |
| 4.TERRA | ha | 200,00 | 1 | 200,00 | - | - |
| 5. Deprec. da cerca | % | - | 10 | 125,825 | - | - |
| Total 4 | | | | 1572,825 | 300,00 | 496,00 |
| ENTRADAS | | | | Entradas | Entradas | Entradas |
| Receita Bruta | t | 41,82 | 12,964 | 542,15 | 542,15 | 542,15 |
| Valor Resid. Terra | | 200,00 | | | 200,00 | - |
| Valor Resid. Cerca | | 125,825 | | | 125,825 | - |
| Fluxo de Caixa | | | | -1030,675 | 567,975 | 46,15 |

Fonte – Adaptação da CEDAGRO 2011. p/Carlos Lacy Santos-Crea nº 2518-ES

Anexo 2. CÁLCULO PARA OBTENÇÃO DO PREÇO DE VENDA DO PRODUTO

Custo médio de produção da capineira de capim-elefante, considerando 2 cortes por ano, perfazendo um período de 10 anos de vida útil da capineira .

Custo do 1º ano = R\$ 1872,825;

Custo do 2º ano = R\$ 796,00 até o 10º ano = $9 * 796,00 = 7164,00 + 1872,825 =$
R\$ 9036,825/ 10 = R\$ 903,68 por ano.

Custo médio por corte = R\$ 903,68/2= R\$ 451,84.

Produção média da capineira por corte :

| | | |
|---------------|---|-----------|
| Guaçu | - | 14,1567+ |
| Cameroon | - | 13,2267+ |
| Cana D'África | - | 11,5092=; |

O somatório da produção dos 3 genótipos foi = $38,8926/3 = 12,9642 \text{ t ha}^{-1}\text{corte}^{-1}$.

Custo médio por tonelada de matéria seca produzida = R\$ 451,84/ 12,9642= R\$ 34,85.

Preço de venda da tonelada de MS sugerida por Urquiaga, S. e Dias, P. (2006), citado por Mazzarella, N. G. V. (2007), com 20% de lucro sobre o custo de produção.

Na composição do preço de venda = R\$ 34,85 * 1,2= R\$ 41,82 t⁻¹ MS.

Na Tabela 11, o valor de R\$ 1247,00 foi considerado custo variável, e de R\$ 1572,825 de custos fixos, compondo os custos totais na implantação da capineira.

Custo total = 1247,00 + 1572,825 = 2819,825.

Percentual do custo variável na composição dos custos:

2819,825.....100 %

1247,00 X

$X = 1247,00 * 100 / 2819,825 = 44,22 \% =$ Custo varável.

Percentual do custo fixo na composição dos custos:

2819,825100%

1572,825X

$X = 1572,825 * 100 / 2819,825 = 55,78 \% =$ Custo Fixos.

Aplicando estes percentuais no custo médio de produção por corte, ter-se-ão:

Custo variável por corte = R\$ 451,84 * 44,22 % = R\$ 199,80.

Custo fixo por corte = R\$ 451,84 * 55,78% = R\$ 252,04.

Anexo 3. CÁLCULOS PARA OBTENÇÃO DO MÁXIMO FÍSICO E PRODUTIVIDADE MÁXIMA, ÓTIMO ECONÔMICO E PRODUTIVIDADE ÓTIMA ECONÔMICA E RECEITA LÍQUIDA OPERACIONAL

Equação corresponde a PMS (G1) $Y = 14,1781 + 0,00353N - 0,00000216 N^2$

Dada a equação $y^{\wedge} = 14,1781 + 3,53 \cdot 10^{-3}N - 2,16 \cdot 10^{-6}N^2$

A adubação nitrogenada que maximiza a produção da cultivar Guaçu/IZ.2(ótimo físico)

A derivada primeira de $y^{\wedge} = 14,1781 + 3,53 \cdot 10^{-3}N - 2,16 \cdot 10^{-6}N^2$

$$\dot{Y} = 0,00353 - 0,00000432N \Leftrightarrow$$

$$0 = 0,00353 - 0,00000432N \Leftrightarrow$$

$$X = 0,00353/0,00000432 \Leftrightarrow$$

$$X = 817,1296 \text{ Kg ha}^{-1} \text{ de N}$$

Ou

$$X_m = -b/2c \Leftrightarrow$$

$$X_m = -0,00353/2(- 0,00000216) \Leftrightarrow$$

$$X_m = -0,00353/(- 0,00000432) \Leftrightarrow$$

$$X_m = 817,1296 \text{ Kg ha}^{-1} \text{ de N}$$

Para a produtividade máxima substitui X por X_m na equação

$$Y = 14,1781 + 0,00353(817,1296) - 0,00000216(817,1296)^2$$

$$Y = 14,1781 + 0,00353(817,1296) - 0,00000216(817,1296)^2$$

$$Y = 17,06256749 - 1,442233692$$

$$Y = 15,6203 \text{ Mg ha}^{-1}$$

Trabalhando Com A Equação Para Determinar O Ótimo Econômico

$$X_{ot} = \frac{P_X - P_Y b}{2 P_Y c} \quad (5)$$

$$X_{ot} = [2,67 - (41,82 \cdot 0,00353)] / 2 \cdot 41,82 (-0,00000216)$$

$$X_{ot} = 2,5224/(-0,0001807)$$

$$X_{ot} = -13.959,048 \text{ Kg ha}^{-1} \text{ de N}$$

$$Y_{max} = 14,1781 + 0,00353N - 0,00000216N^2$$

Receita líquida operacional

A receita líquida

$$L(X) = P_Y Y - (P_X X + C + k) + e_i \quad (4)$$

$$L(0) = 41,82 * 14,1781 - (2,67 * 0 + 252,04 + 199,80/14,1781)$$

$$L(0) = 592,93 - 266,13$$

$$L(0) = 326,80$$

Equação corresponde a PMS (G3) $Y = 11,6853 + 0,00916N - 0,00000456 N^2$

$$\hat{y} = 11,6853 + 9,16 \cdot 10^{-3}N - 4,56 \cdot 10^{-6}N^2, \text{ com } R^2 = 96,96\%$$

Dada a equação $\hat{y} = 11,6853 + 9,16 \cdot 10^{-3}N - 4,56 \cdot 10^{-6}N^2, \text{ com } R^2 = 96,96\%$

A adubação nitrogenada que maximiza a produção da cultivar Cana D'África (máximo físico)

A derivada primeira de $\hat{y} = 11,6853 + 9,16 \cdot 10^{-3}N - 4,56 \cdot 10^{-6}N^2$

$$\dot{Y} = 0,00916 - 0,00000912N \Leftrightarrow$$

$$0 = 0,00916 - 0,00000912N \Leftrightarrow$$

$$X = 0,00916/0,00000912 \Leftrightarrow$$

$$X = 1004,4254 \text{ Kg ha}^{-1} \text{ de N}$$

Ou

$$X_m = -b/2c \Leftrightarrow$$

$$X_m = -0,00916/2(-0,00000456) \Leftrightarrow$$

$$X_m = -0,00916/(-0,00000456) \Leftrightarrow$$

$$X_m = 1004,4254 \text{ Kg ha}^{-1} \text{ de N}$$

Para a produtividade máxima substitui X por X_m na equação;

$$Y = 11,6853 + 0,00916N - 0,00000456N^2$$

$$Y = 11,6853 + 0,00916(1004,4254) - 0,00000456(1004,4254)^2$$

$$Y = 11,6853 + 9,2005 - 4,6004$$

$$Y = 16,2854 \text{ t ha}^{-1}$$

Trabalhando Com A Equação Para Determinar O Ótimo Econômico

$$X_{ot} = \frac{P_X - P_Y b}{2 P_Y c} \quad (5)$$

Determinação do ótimo econômico

$$X_{ot} = [2,67 - (41,82 * 0,00916)] / 2 * 41,82(-0,00000456)$$

$$X_{ot} = 2,2869 / (-0,00038139)$$

$$X_{ot} = - 5.996,2243 \text{ Kg ha}^{-1}$$

$$Y_{max} = 11,6853 + 0,00916N - 0,00000456 N^2$$

Receita líquida operacional

$$L(X) = P_Y Y - (P_X X + C + k) + e_i \quad (4)$$

$$L(0) = 41,82 * 11,6853 - (2,67 * 0 + 252,04 + 199,80/11,6853)$$

$$L(0) = 488,68 - 269,14$$

$$L(0) = 219,54$$

Equação corresponde a PMS (G2) $Y = 13,1201 + 0,00474N - 0,00000228 N^2$

Dada a equação $y^{\wedge} = 13,1201 + 4,74 \cdot 10^{-3}N - 2,28 \cdot 10^{-6}N^2$ do Cameroon-Piracicaba

A adubação nitrogenada que maximiza a produção da cultivar Cameroon-Piracicaba (máximo físico)

A derivada primeira de $y^{\wedge} = 13,1201 + 4,74 \cdot 10^{-3}N - 2,28 \cdot 10^{-6}N^2$

$$\dot{Y} = 0,00474 - 0,00000456N \Leftrightarrow$$

$$0 = 0,00474 - 0,00000456N \Leftrightarrow$$

$$X = 0,00474/0,00000456 \Leftrightarrow$$

$$X = 1039,4737 \text{ Kg ha}^{-1} \text{ de N}$$

Ou

$$X_m = -b/2c \Leftrightarrow$$

$$X_m = -0,00474/2(- 0,00000228) \Leftrightarrow$$

$$X_m = -0,00474/(-0,00000456) \Leftrightarrow$$

$$X_m = 1039,4737 \text{ Kg ha}^{-1} \text{ de N}$$

Para a produtividade máxima substitui X por X_m na equação;

$$y^{\wedge} = 13,1201 + 4,74 \cdot 10^{-3}N - 2,28 \cdot 10^{-6}N^2$$

$$y^{\wedge} = 13,1201 + 4,74 \cdot 10^{-3}(1039,4737) - 2,28 \cdot 10^{-6}(1039,4737)^2$$

$$y^{\wedge} = 13,1201 + 4,9271 - 2,4636$$

$$Y^{\wedge} = 15,5845 \text{ t ha}^{-1}$$

Trabalhando Com A Equação Para Determinar O Ótimo Econômico

Determinação do ótimo econômico

$$X_{ot} = \frac{P_X - P_Y b}{2 P_Y c} \quad (5)$$

$$X_{ot} = [2,67 - (41,82 \cdot 0,00474)] / 2 \cdot 41,82(-0,00000228)$$

$$X_{ot} = 2,4718 / (-0,000190699)$$

$$X_{ot} = -12.961,788 \text{ Kg ha}^{-1}$$

$$Y_{max} = 13,121 + 0,00474N - 0,00000228N^2$$

Receita líquida operacional

$$L(X) = P_Y Y - (P_X X + C + k) + e_i \quad (4)$$

$$L(0) = 41,82 \cdot 13,121 - (2,67 \cdot 0 + 252,04 + 199,80/13,121)$$

$$L(0) = 548,72 - 267,23$$

$$L(0) = 281,49$$