

**Efeito de Níveis de Nitrogênio e Potássio em Características
Morfoagronômicas e Análise Econômica de Genótipos de
Capim-Elefante (*Pennisetum Purpureum* Schum.) para Fins
Energéticos**

ANTONIO ALONSO CECON NOVO

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY
RIBEIRO – UENF

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ

NOVEMBRO - 2015

**Efeito de Níveis de Nitrogênio e Potássio em Características
Morfoagronômicas e Análise Econômica de Genótipos de
Capim-Elefante (*Pennisetum Purpureum* Schum.) para Fins
Energéticos**

ANTONIO ALONSO CECON NOVO

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 Doutor em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Rogério Figueiredo Daher

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

NOVEMBRO - 2015

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca do **CCTA / UENF** 200/2015

Novo, Antonio Alonso Cecon

Efeito de níveis de nitrogênio e potássio em características morfoagronômicas e análise econômica de genótipos de capim-elefante (*Pennisetum Purpureum Schum*) para fins energéticos / Antonio Alonso Cecon Novo. – 2015.

122 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, 2015.

Inclui Bibliografia

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

CDD–631.523

**Efeito de Níveis de Nitrogênio e Potássio em Características
Morfoagronômicas e Análise Econômica de Genótipos de
Capim-Elefante (*Pennisetum Purpureum* Schum.) para Fins
Energéticos**

ANTONIO ALONSO CECON NOVO

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 Doutor em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Rogério Figueiredo Daher

Aprovada em 05 de Novembro de 2015

Comissão Examinadora

Prof. Ernany Santos Costa (D. Sc. em Produção Vegetal) – IFF

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

Prof. Claudio Luiz Melo de Souza (D. Sc. em Produção Vegetal) – UENF

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

Dedico esta vitória inicialmente a Deus, e depois aos meus pais Antonio de Ameida Novo e Terezinha Cecon Novo e também à minha esposa Joicy, ao meu filho Maurício, pela compreensão, pelo companheirismo e incentivo, sempre dedicados com muita graça e amor.

AGRADECIMENTOS

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

Aos meus “PAIS”, razão da minha existência e que tanto me apoiaram nos meus estudos, Antonio de Almeida Novo e Terizinha Cecon Novo;

À minha “ESPOSA” Joicy Silva Dalmasio Cecon Novo e ao meu “FILHO” Maurício Dalmasio Cecon Novo, pelas palavras de incentivo e pela compreensão da minha ausência, devido a essa nova etapa de estudos;

Aos meus “IRMÃOS” que contribuíram com palavras de incentivos, otimismo e sempre com confiança para que alcançasse meus objetivos. Márcia Aparecida Cecon Novo, Ana Paula Cecon Novo, Soelane Cecon Novo, João Ricardo Cecon Novo e Beatriz Hortência Cecon Novo;

Aos meus “PARENTES” e “AMIGOS” que direta ou indiretamente contribuíram para que tudo isso se tornasse real. Em especial ao meu tio Paulo Roberto Cecon, que sempre foi meu espelho e fonte de inspiração para alcançar meus objetivos;

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

Ao meu “ORIENTADOR” Rogério Figueiredo Daher pela paciência, pelo companheirismo e pela competência para que pudesse realizar minha pesquisa;

Aos Professores Geraldo de Amaral Gravina, Ernay Santos Costa e Cláudio Luíz Melo de Souza, por aceitarem fazer parte desta banca e pelas contribuições dadas a este trabalho;

Ao Instituto Federal Fluminense *campus* Bom Jesus do Itabapoana juntamente com os colegas Lanusse Cordeiro Araujo, Sebastião Ney Costa de Almeida, Kleberson Cordeiro Araújo, Juares Ogliari, Ernany Santos Costa, José Carlos de Oliveira Júnior, Fernando Antonio Abrantes Ferrara, Clinimar Oliveira Amaral, João Renato Scudini, Will Pereira de Oliveira, Ednéia Alves Moreira Baião, Rosana Cristina Pereira e Josilene Vargas Xavier pelo apoio, pela amizade e pela ajuda para esta conquista. Muito obrigado!

Aos alunos dos cursos de Agropecuária e Meio Ambiente e aos funcionários do setor de produção vegetal do Instituto Federal Fluminense *campus* Bom Jesus, pelo apoio na montagem e desenvolvimento de todo este trabalho;

A Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal e ao Laboratório de Engenharia Agrícola, pelo apoio e pela oportunidade para realização deste trabalho;

A Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) pelo apoio financeiro para o desenvolvimento deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo Geral.....	3
2.2. Objetivos Específicos.....	3
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
3.1. Situação Energética no estado do Rio de Janeiro.....	4
3.1.1. Petróleo e Gás Natural.....	5
3.1.2. Energia Elétrica.....	5
3.1.3. Carvão Mineral.....	6
3.1.4. Produto da Cana-de-açúcar.....	6
3.1.5. Lenha.....	6
3.1.6. Carvão Vegetal.....	7
3.2. O Capim-elefante.....	7
3.3. Ecofisiologia do capim-elefante.....	9
3.4. Produção de Biomassa.....	12
3.5. Biomassa Vegetal como Fonte de Energia.....	13
3.6. O Capim-elefante e o nitrogênio.....	15
3.7. O Capim-elefante e o potássio.....	17

3.8. Viabilidade Econômica.....	18
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	21
5. TRABALHOS.....	33
TRABALHO I. EFEITO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA NAS CARACTERÍSTICAS MORFOAGRONÔMICAS EM TRÊS GENÓTIPOS DE CAPIM-ELEFANTE PARA PRODUÇÃO DE BIOMASSA.....	33
RESUMO.....	34
ABSTRACT.....	37
1. INTRODUÇÃO.....	39
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	42
2.1. Localização, Delineamento Experimental e Manejo do Experimento.....	42
2.2. Características Morfoagronômicas Avaliadas.....	44
2.3. Análises Estatísticas.....	45
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
3.1. Condições Climáticas.....	47
3.2. Análise de Variância.....	49
3.2.1. Comparações entre as médias das características morfoagronômicas avaliadas para cada genótipo dentro de cada uma das diferentes doses de N e K.....	51
3.3. Análise de Regressão na Produção de Biomassa de Três Cultivares de Capim-Elefante.....	58
4. CONCLUSÕES.....	77
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
TRABALHO II. ANÁLISE ECONÔMICA DE GENÓTIPOS DE CAPIM-ELEFANTE PARA APRODUÇÃO DE BIOMASSA PARA FINS ENÉRGICOS.....	87
RESUMO.....	88
ABSTRACT.....	90
1. INTRODUÇÃO.....	92
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	94
2.1. Localização, Delineamento Experimental e Manejo do	

Experimento.....	94
2.2. Custo de Produção.....	96
2.3 Análises Estatísticas.....	98
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	101
3.1. Intervalo de Confiança para a Produção de Matéria Seca.....	101
3.2. Intervalo de Confiança para a Percentagem de Matéria Seca..	107
3.3. Intervalo de Confiança para o Número de Perfilhos.....	108
3.4. Intervalo de Confiança para a Altura.....	110
3.5. Intervalo de Confiança para o Diâmetro do Colmo.....	111
3.6. Intervalo de Confiança para a Largura da Lâmina Foliar.....	113
4. CONCLUSÕES.....	115
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	116
Anexo – I.....	122

RESUMO

NOVO, ANTONIO ALONSO CECON; D.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Novembro de 2015. Efeito de Níveis de Nitrogênio e Potássio em Características Morfoagronômicas e Análise Econômica de Genótipos de Capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) para fins energéticos.

Orientador: Prof. D. Sc. Rogério Figueiredo Daher.

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) é uma poaceae tropical de elevado potencial de produção de biomassa. Devido à sua grande capacidade produtiva, outra utilização tem sido proposta para o setor energético como uma possível fonte de energia renovável, por apresentar potencial para produção de carvão vegetal, biocombustível, álcool ou mesmo para combustão direta e por ter baixo custo de produção. O objetivo foi avaliar o efeito dos nutrientes minerais nitrogênio e potássio sobre as características morfoagronômicas e fazer uma análise econômica dos diferentes genótipos de capim-elefante para produção de biomassa e na geração de renda. O experimento foi instalado no Setor de Bovinocultura do Instituto Federal Fluminense – *campus* Bom Jesus do Itabapoana, RJ, no delineamento em blocos casualizados (DBC) em esquema de parcelas subdivididas com três repetições, com casualização do fator Genótipo (Cubano Pinda - G1, IAC Campinas - G2 e Cameroon - G3) na parcela e o fatorial de nitrogênio (N) e potássio (K) na subparcela. Nas

subparcelas foram aplicadas quatro doses de adubação nitrogenada (100, 800, 1500 e 2200 kg N.ha⁻¹ ano⁻¹ na forma de ureia) e quatro doses de adubação potássica (50, 400, 750 e 1100 kg K₂O.ha⁻¹ ano⁻¹ na forma de cloreto de potássio), fracionadas em quatro aplicações durante o cultivo, no período chuvoso. O experimento foi instalado em 02 de outubro de 2012. O corte de uniformização foi feito em 12 de fevereiro de 2013. O 1º corte de avaliação foi realizado em 12 de fevereiro de 2014 e o 2º corte de avaliação foi realizado em 12 de fevereiro de 2015. Foi usada a média dos dois cortes para avaliar as características morfoagronômicas e fazer uma análise econômica. Retiraram-se amostras das plantas da área útil de 2,25 m² nas parcelas, no final do ciclo de cultivo de um ano, estas foram medidas, pesadas e secas. O método utilizado na previsão econômica por genótipo foi o de amostragem simples ao acaso para as dosagens de nitrogênio (N) e de potássio (K). Para cada genótipo foram amostradas 48 plantas integrais ao acaso, estas foram medidas, pesadas e secas. Foram analisadas as características produtivas do capim-elefante e o intervalo de confiança do lucro, considerando o nível de 5% da probabilidade para a produção de matéria seca. Observou-se que os fatores e as interações apresentaram efeito significativo (P<0,05) para produção de matéria seca (PMS), já para percentagem de matéria seca (%MS) e largura da lâmina (LL) não houve efeito significativo (P>0,005) para nenhum fator ou interações. O estudo da produção de matéria seca mostrou que em condição de baixa dose de nitrogênio e com o incremento das doses de potássio a produção de matéria seca aumentou, mas, no entanto, à medida que se aumentou a dose de nitrogênio associada às doses de potássio a produção não foi incrementada, foi suprimida. O modelo de regressão que melhor se ajustou foi o efeito linear de 1º grau (P<0,05) em função das doses de N e K para o genótipo de capim-elefante Cubano Pinda e efeito quadrático para os genótipos IAC Campinas e Cameroon, com os respectivos coeficientes de determinação de 36,54 %, 91,81 % e 93,34 %. Na análise de regressão para a característica (%MS), verificou-se que todos os genótipos apresentaram ausência de regressão para todas as doses de K em função de cada dose de N. Na análise de regressão para a característica número de perfilhos (NPPM), verificou-se que o genótipo que demonstrou regressão foi: IAC Campinas na dose N4, que teve um coeficiente de determinação de 83,13%, em nível de

significância de 5% pelo teste “F”, sendo que o modelo que melhor ajustou foi o de 1º grau. Em relação à altura média (ALT), não houve ajuste de modelo para os genótipos IAC Campinas e Cameroon, que apresentaram ausência de regressão, enquanto que o Cubano Pinda apresentou regressão de 1º grau nas diferentes doses de K. Para o diâmetro do colmo, não houve ajuste de modelo para os genótipos Cubano Pinda e Cameroon, que apresentaram ausência de regressão, enquanto que o IAC Campinas apresentou regressão de 2º grau com $R^2 = 90,0\%$. Os genótipos não responderam positivamente ao incremento de N e K, no aumento da LL, sendo a menor média obtida na dose N3 de 4,08 referente ao Cameroon e a maior média, de 4,47 e 4,47 para os genótipos, Cubano Pinda e IAC Campinas, respectivamente. Os resultados são bastante promissores e asseguram o uso dos três genótipos de capim-elefante, Cubano Pinda, IAC Campinas e Cameroon com produção média de 52,66; 50,60 e 48,57 t.ha⁻¹, respectivamente, como fonte alternativa para produção da biomassa. Para o intervalo de confiança do lucro os três genótipos apresentaram no primeiro ano e no sexto ano resultados negativos tanto no limite inferior quanto no limite superior. E que a partir do segundo ano até o quinto ano, todos os genótipos serão economicamente viáveis para a produção de matéria seca. E também o somatório dos seis anos de avaliação do lucro, todos os três genótipos apresentaram resultados positivos tanto no limite inferior quanto para o limite superior. Estes resultados mostram o elevado potencial de produção de biomassa dos genótipos em estudo, os quais podem ser mais uma fonte de renda para o agricultor.

ABSTRACT

NOVO, ANTONIO ALONSO CECON; D.SC.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. November, 2015. Nitrogen and Potassium Levels effect on agronomic characteristics and economic feasibility of Genotypes of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) For energy purposes. Advisor: Rogério Figueiredo Daher, D. Sc.

The elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) Is a tropical poaceae with high potential for biomass production. Due to its large production capacity, other uses have been proposed for the energy sector as a possible source of renewable energy, due to its potential for charcoal production, biofuel, ethanol or even for direct combustion and low production costs. The objective was to evaluate the effect of mineral nutrients as nitrogen and potassium on the agronomic characteristics and do an economic analysis of different elephant grass genotypes for biomass production and income generation. The experiment was conducted in the Beef Cattle Division of the Instituto Federal Fluminense - *campus* Bom Jesus do Itabapoana, RJ, in a randomized block design (RBD) in split plot with three replications, with randomization of Genotype factor (Cuban Pinda - G1, IAC Campinas - G2 and Cameroon - G3) on the plot and the factorial of N and K on the sub-plot. In sub-plots were used four nitrogen fertilizer doses (100, 800, 1500 and 2200 kg N.ha⁻¹ yr⁻¹ in the form

of urea) and four potassium fertilizer doses (50, 400, 750 and 1100 kg K₂O. ha⁻¹ yr⁻¹ in the form of potassium chloride), broken down into four applications while the cultivation during the rainy season. The experiment was conducted on October 02nd 2012. The uniformity cut was made on February 12th 2013. The first cut evaluation was conducted on February 12th 2014 and the second cut evaluation was conducted on February 12th 2015. The average of the two sections was used to evaluate the agronomic characteristics and economic analyse. Samples were taken from the plant floor area of 2.25 m² in the plots at the end of one year cultivation cycle, these samples were measured, weighed and dried. The method used in economic forecasting by genotype was simple random sampling for nitrogen doses (N) and potassium (K). For each genotype were sampled 48 entire plants that were measured, weighed and dried. The elephant grass production characteristics and earnings of confidence interval were analyzed considering the 5% level of probability for the production of dry matter. It was concluded that dry matter production (DMP) causes significant effect to all the factors and interactions and % of stalk diameter (SD) and leaf width (LW) did not present significant effect for any factor or interaction. The study of dry matter production showed that in low dose of nitrogen and with increasing potassium doses the dry matter production has increased, but nevertheless, the increase of the nitrogen dose associated with potassium doses, the dry matter production was not increased, it was suppressed. The regression model that best fits was a significant linear effect in function of the doses of N and K for the Cuban elephant grass genotype Pinda and quadratic effect for the genotypes IAC Campinas and Cameroon, with the respective determination coefficients of 36, 54%, 91.81% and 93.34%. In the regression analysis for the characteristic (% DM), it was found that all genotypes showed no regression for all K in function of each N dose. Thus, the influence may be a feature of genotypes that N and K doses have not interfered with the percentage of dry matter. In regression analysis for the characteristic of the Perfilium number, it was found that the genotype that demonstrated regression was: IAC Campinas in N4 dose, which had a coefficient of determination of 83.13% level of significance of 5% for test "F", and the model that best fits was the first degree. Regarding the Average Height, there was no model adjustment for IAC Campinas and Cameroon genotypes, which showed no regression,

while the Cuban Pinda presented second degree regression in different doses of K. The IAC Campinas genotype differed from genotypes Cuban Pinda and Cameroon in N3 dose in the diameter of the stem, there was no adjustment model for the genotypes Cubano Pinda and Cameroon which had no regression, while IAC Campinas presented second degree regression and $R^2 = 90.0\%$. Genotypes did not responded positively to the increase of N and K, increasing LW, with the smallest average obtained in N3 dose of 4.08 relating to Cameroon and the highest average of 4.47 and 4,47 for the Cuban Pinda and IAC Campinas genotypes, respectively. The results are very promising and ensure the use of the three elephant grass genotypes, Cuban Pinda, IAC Campinas and Cameroon with average production of 52.66; 50.60 and 48.57 t ha^{-1} , respectively, as an alternative source for the biomass production. For profit of the confidence average of the three genotypes in the first year and sixth year showed negative results as in the lower limit as in the upper limit. And that from the second year until the fifth year, all genotypes will be economically viable for the production of dry matter. And the summation of six years of assessment of income, all three genotypes showed positive results both on edge inference as to the upper limit. These results show the high potential for biomass production of the genotypes studied, which can be another source of income for the farmer.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o país precursor na produção de agroenergia. O bem-sucedido programa de álcool combustível extraído da cana-de-açúcar e criado há cerca de 30 anos, estimulou o país a lançar-se em um ousado programa de substituição gradativa de fontes fósseis como o petróleo e o gás natural, por fontes renováveis e mais limpas. De modo geral, não só o Brasil, mas o Mundo está demandando uma mudança nos padrões de consumo, na adoção de medidas para desacelerar o consumo de recursos naturais, na diminuição dos impactos ambientais devido ao crescimento e desenvolvimento rural e urbano, na redução de emissão dos gases de efeito estufa, visando suavizar os efeitos das mudanças climáticas. Para que essas mudanças ocorram entre as medidas propostas, está a utilização da energia de biomassa (EMBRAPA, 2008).

Do ponto de vista energético, biomassa é todo recurso renovável oriundo de matéria orgânica (de origem animal ou vegetal) que pode ser utilizado na produção de energia. Assim como a energia hidráulica e outras fontes renováveis, a biomassa é uma forma indireta de energia solar, que é convertida em energia química, pela fotossíntese. O termo tem sido muito utilizado nos últimos anos, em função das preocupações relacionadas às fontes de energia (ANEEL, 2015).

A produção de material energético oriundo da biomassa vegetal é especialmente importante em países tropicais como o Brasil, onde há regime de chuvas abundante, temperaturas elevadas e pela disponibilidade de energia

luminosa, e somado a isso o fato de que a queima de biomassa, recicla o CO₂ retirado da atmosfera pela fotossíntese, ao contrário da queima de combustível fóssil (Quessada, 2005).

Recentemente, a queima da biomassa do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) foi proposta como alternativa para a produção de energia. O interesse energético por esta espécie chamou atenção de grandes consumidores e empresários de energia. O que tem colocado em evidência o capim-elefante são aspectos como alta produtividade e ciclo curto quando comparado a outras culturas tradicionais como, por exemplo, o eucalipto (Osava, 2007).

O capim-elefante é uma poácea que tem despertado interesse por parte de pesquisadores em relação às suas necessidades de nutrientes minerais nitrogênio e potássio. Entre os macronutrientes, o nitrogênio e o potássio possuem papel fundamental para a nutrição das plantas; o nitrogênio, por ser constituinte essencial das proteínas e interferir diretamente no processo fotossintético, pela sua participação na molécula de clorofila, e o potássio, por ser o cátion em maior concentração nas plantas, sendo um nutriente com relevantes funções fisiológicas e metabólicas como ativação de enzimas, fotossíntese, translocação de assimilados e também absorção de nitrogênio e síntese proteica, tornando-se, portanto, limitante em sistema de utilização intensiva de solo (Malavolta, 2006).

Com a perspectiva de avaliar o potencial produtivo do capim-elefante, vários projetos vêm sendo desenvolvidos no melhoramento de genótipos de capim-elefante, Oliveira (2012), Barbé (2012), Santos (2013), Sant'ana (2013), Oliveira (2014), Menezes (2014) e Rocha (2015), na Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) pelo Laboratório de Engenharia Agrícola (LEAG), com o objetivo de obter materiais com alta produtividade e qualidade superiores na produção de biomassa e conseqüentemente gerar maior desenvolvimento econômico na região Norte e Noroeste Fluminense.

Nesse sentido o presente estudo buscou empregar diferentes doses de nutrientes (nitrogênio e potássio) com objetivo de estimar a quantidade ideal de fertilizantes a ser aplicada que possibilite o melhor desempenho da produção de biomassa do capim-elefante.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

- Estudar os efeitos de níveis de adubação nitrogenada e potássica sobre as características morfoagronômicas em genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) para fins energéticos e fazer análise econômica.

2.2. Objetivos Específicos

- Avaliar três genótipos promissores de capim-elefante com elevada capacidade de produção, por meio de características morfoagronômicas;
- Avaliar o efeito de diferentes níveis de nitrogênio e potássio sobre as características morfoagronômicas, por meio de algoritmos estatísticos, fundamentados em análises de regressão;
- Analisar a viabilidade econômica de biomassa, em três genótipos de capim-elefante Cubano Pinda, IAC Campinas e Cameroon.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Situação Energética no Estado do Rio de Janeiro

Segundo dados do Ministério de Minas e Energia (MME) do Brasil, responsável pela publicação do Balanço Energético Nacional (BEN), em 2015, a produção de energia primária a partir de biomassa lignocelulósica obteve participação de 27,2% na matriz energética do país, sendo considerada a segunda principal fonte de energia, superada apenas pelo petróleo e seus derivados. Em termos de oferta interna de energia elétrica, a biomassa responde por 6,6%, sendo superada apenas pela hidroeletricidade, a qual foi responsável por 81,9% da oferta total.

O Estado do Rio de Janeiro tem um importante mercado de energia. Tal importância é tamanha, que influencia até mesmo o nível de renda e emprego na economia Norte Fluminense. Devido à sua natureza, os investimentos energéticos possuem importantes efeitos sobre o produto, a renda e o emprego, sendo tais fatores advindos de elevados volumes e suas características próprias, motivo pelo qual justifica sua elevada importância.

Ao longo da última década, foram viabilizados tecnicamente e implantados no estado do Rio de Janeiro, vários projetos voltados para geração e aumento da energia elétrica, tais como PCH's (Pequenas Centrais Hidrelétricas) em Calheiros, situada no município de Bom Jesus do Itabapoana; a Hidrelétrica de Simplício, em Itaocara; a Termelétrica de Paracambi; a Companhia Siderúrgica

do Atlântico (CSA) e o Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (Comperj), ambos em Itaguaí; a Gargaú Energética (energia eólica), no município de São Francisco de Itabapoana; o Complexo Açú, em São João da Barra; o Polo Petroquímico (PETROBRAS), no município de Campos dos Goytacazes e etc.

Dessa forma, o setor energético Fluminense foi impulsionado por uma série de ações, projetos e incentivos do governo do estado do Rio de Janeiro, que tiveram papel fundamental na diversificação da Matriz Energética Brasileira, como será visto a seguir.

3.1.1. Petróleo e Gás Natural

O Estado do Rio de Janeiro possui as maiores reservas petrolíferas do Brasil, localizadas nas Bacias de Campos. Entre 1980 e 2012, as reservas de petróleo cresceram em média 9,8% ao ano no Estado e 7,8% ao ano no País. Em 2012, a vida útil das reservas determinada pela relação entre as reservas provadas e a produção de petróleo era de 21,7 anos no Estado do Rio de Janeiro e de 20,3 anos para o Brasil (ANP/MME, 2013).

Ao contrário do que acontece em diversos países, as reservas de gás natural no Estado do Rio de Janeiro estão quase todas associadas ao petróleo, fazendo com que sua oferta dependa ou influencie a produção deste. Uma característica importante destas reservas refere-se ao fato de elas localizarem-se em águas profundas (reservas *offshore*), dificultando sua exploração (ANP/MME, 2013).

3.1.2. Energia Elétrica

A capacidade nominal instalada nas centrais elétricas de serviço público do Estado do Rio de Janeiro totalizou 7.441,6 MW no ano de 2012. As empresas PETROBRAS, ELETRONUCLEAR e FURNAS concentram, respectivamente, 31,9%, 27,0% e 15,8% da capacidade instalada nas centrais elétricas de serviço público do Estado do Rio de Janeiro. Quanto ao tipo de usina, observa-se que 56,4% da capacidade instalada são de térmicas convencionais, 27,0% são de origem termonuclear, 16,2% hidrelétricas e 0,4% eólicas (ANP/MME, 2013).

3.1.3. Carvão Mineral

O carvão mineral é um combustível fóssil extraído do subsolo por processos de mineração, que pode ser classificado como carvão energético ou carvão metalúrgico de acordo com o seu conteúdo de carbono fixo, servindo a usos distintos no setor industrial. No Estado do Rio de Janeiro, todo o consumo de carvão mineral é atendido através de importação, tanto do exterior como de outros estados. O Porto de Sepetiba é um ponto estratégico para o recebimento do carvão mineral importado e para o escoamento do produto até as indústrias consumidoras (ANP/MME, 2013).

3.1.4. Produtos de Cana-de-açúcar

A produção de etanol (anidro e hidratado) é obtida pelo processamento de cana-de-açúcar nas destilarias anexas e autônomas. Inicialmente, é feita a moagem da cana-de-açúcar para a obtenção do caldo, que nas destilarias autônomas é convertido em etanol. No ano de 2013, a produção fluminense de etanol (anidro e hidratado) foi de, 70 milhões de litros de etanol, o que representa apenas 0,5% da produção nacional, o que correspondeu a 7,2% do consumo final energético de etanol no Estado para o mesmo ano. Por sua vez, a produção fluminense de bagaço foi estimada em 898,4 mil toneladas em 2013, sendo destinada ao consumo próprio do setor sucroalcooleiro, para geração de calor e de energia elétrica. Entretanto, este setor não é autossuficiente em energia elétrica e complementa suas necessidades, sobretudo na entressafra, com eletricidade da rede da AMPLA (Fernandez et al., 2013).

3.1.5. Lenha

A lenha produzida no Estado do Rio de Janeiro tem origem na exploração de florestas plantadas e de florestas nativas remanescentes, e enfrenta restrições tanto por questões ambientais como em função do esgotamento dos recursos florestais disponíveis. Em 2012, foram produzidas 310 mil t de lenha no Estado, das quais apenas 4% foram destinadas às carvoarias para a transformação em carvão vegetal. A maior parte da produção de lenha é direcionada ao consumo,

com destaque para o setor residencial (15% do total) e para as indústrias de cerâmica vermelha (13%), metalúrgica (51%) e química (20%) (Fernandez et al., 2013).

3.1.6. Carvão Vegetal

O Estado do Rio de Janeiro importa carvão vegetal de outros estados para o atendimento do mercado consumidor industrial. Em 2012, foram importadas 70 mil toneladas de carvão vegetal com esta finalidade. O consumo está concentrado nos setores metalúrgico e cimenteiro, representou cerca de 82% e 14%, respectivamente, do consumo final desta fonte em 2012 (Fernandez et al., 2013).

As carvoarias locais tiveram uma produção reduzida, de 2,8 mil toneladas em 2012, que se destina ao atendimento do setor comercial fluminense, sobretudo no ramo de alimentação. Este segmento de consumo teve uma participação de cerca de 4% no consumo final desta fonte em 2012.

Dessa forma, o setor energético Fluminense foi impulsionado por uma série de ações, projetos e incentivos do governo do estado do Rio de Janeiro, que tiveram papel fundamental na diversificação da Matriz Energética Brasileira.

3.2. Capim-Elefante

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) é uma poaceae originária da África Tropical, entre 10º Norte e 20º Sul de latitude, tendo sido descoberto em 1905 pelo Coronel Napier (Rodrigues et al., 1975). No ato de sua descoberta, o Coronel Napier anunciou ao Departamento de Agricultura da Rodésia (atualmente conhecido com Zimbábwe), onde foi avaliado com sucesso por volta de 1910, perpetuando, em uma de suas variedades com o nome de 'Napier' (Maldonado, 1955).

Essa espécie de forrageira ocorre naturalmente em vários países, desde Guiné, no oeste, até Moçambique e Quênia, no leste Africano Brunken (1977, *apud*, Timbó, 2007). Ela foi inicialmente introduzida nos Estados Unidos, pelo Departamento de Agricultura, em 1913 (Jauhar, 1981). No Brasil, foram relatadas duas introduções da Poácea, sendo uma no Rio Grande do Sul, com as estacas trazidas dos Estados Unidos, em 1920; e outra em 1921, no estado de São Paulo,

oriunda de Cuba (Faria, 1994). Hoje, encontra-se difundida nas cinco regiões brasileiras, sendo que a *panicæe* é plantada e cultivada em praticamente todo território nacional.

É uma das mais importantes forrageiras usadas em regiões tropicais; pode ser utilizada para corte ou pastejo, sendo cultivada em quase todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo, devido ao seu elevado potencial de produção de massa seca, ao valor nutritivo, à aceitabilidade, ao vigor, à persistência (Pereira et al., 2010) e à facilidade de cultivo (Acunha & Coelho, 1997). Como é adaptado às condições de clima e solo de praticamente todo o Brasil, tem sido muito utilizado por produtores rurais (Lima et al., 2008).

No sentido de facilitar o estudo das variedades de capim-elefante, Pereira (1992) classificou-os em cinco grupos como se segue:

I – Cameroon: touceira densa, porte ereto, colmos grossos, predominância de perfilhos basais, folhas largas. Exemplos: Capim Cana D'Africa, Cameroon Piracicaba;

II – Napier: touceira quase aberta, colmos grossos, folhas largas, florescimento intermediário. Exemplos: Napier, Mineiro, Gigante da Pinda, Taiwam A-146;

III – Merker: baixo porte, colmos finos, folhas finas, florescimento precoce. Exemplos: Merker, Merker comum, Merker pinda;

IV – Anão: porte baixo, internódio curto e elevada relação folha/caule. Exemplo: cv Molt;

V – Híbridos Interespecíficos: resultantes de cruzamentos entre espécies de *Pennisetum spp.*

Segundo Morais (2009), em condições controladas, o potencial de rendimento médio de matéria seca de variedades como Cameroon e Guaçú, entre outras, superou 40 toneladas anuais por hectare, o que corresponde ao dobro da biomassa média produzida pela cultura do Eucalipto.

Mazzarella (2008) relatou que ainda não se sabe ao certo qual é o limite de produtividade do capim-elefante para biomassa energética, porém alguns estudos mostraram que a produção de matéria seca pode variar entre 30 a 60 toneladas anuais por hectare.

3.3. Ecofisiologia do Capim-elefante

As espécies herbáceas perenes que apresentam o potencial para uma produção anual de grande quantidade de biomassa têm as seguintes características fisiológicas: alta eficiência no processo de conversão da energia solar pela fotossíntese, sistema radicular extenso e profundo, uso econômico da água no solo e necessidade limitada de nutrientes, graças à sua capacidade de retranslocação destes, nas raízes, no final do ciclo vegetativo anual. Essas herbáceas de alta produtividade são, geralmente, de ciclo fotossintético C₄, que é aproximadamente 40% mais eficiente para a captação de carbono que o mecanismo C₃ das poáceas mais comuns de clima temperado (Samson et al., 2005). No mundo, as principais espécies utilizadas são *Panicum virgatum* (Switchgrass), *Phalaris arundinacea* (Reed canary Grass), *Miscanthus giganteus* (E-grass), e *Pennisetum purpureum* (Elephant Grass) conhecido no Brasil como capim-elefante (Smeets et al., 2009).

Na cultura do capim-elefante, para Gomide (1973), o princípio básico da produção de biomassa é a transformação da energia solar em compostos orgânicos, via fotossíntese, para ser convertida em massa verde, inicialmente nas folhas. Paz & Matos (1985) descreveram que, nem toda a matéria seca produzida pela planta está nas folhas, mas distribuída entre raízes, parte aérea e órgãos de armazenamento. No capim-elefante o carbono é fixado por meio da formação de maior quantidade de malato e menor de aspartato. Esses dados foram confirmados por meio de avaliações bioquímicas que mostraram que a espécie produz predominantemente malato (Gutierrez et al, 1976).

O malato é transportado ao conjunto de células que circunda a bainha do feixe vascular, onde a enzima descarboxiladora predominante é a NADP-málica, que catalisa a formação de CO₂, NADPH₂ e piruvato. A produção de NADPH₂ elimina a necessidade de sistemas de fotorredução, permitindo que este opere no ciclo de Calvin (Passos, 1999).

A fotossíntese é o processo metabólico mais estudado na cultura do capim-elefante (Passos, 1999). Entretanto, segundo Silva et al. (2001), as informações varietais sobre a fotossíntese e características relacionadas são escassas para o capim-elefante, o que torna imprescindível a sua análise, tendo como referência a variabilidade dos materiais genéticos de bancos de germoplasma.

O potencial produtivo do capim-elefante é determinado pela luz, que age no controle do desenvolvimento das plantas, interferindo em seu crescimento por meio do processo fotossintético e na sua diferenciação durante a morfogênese (Jaques, 1990). Souza et al. (1999), relatam que em geral, a baixa intensidade de luz resulta na diminuição na taxa de fotossíntese, na biomassa e na produção, podendo ainda afetar o transporte de fotoassimilados e a relação fonte/dreno em algumas espécies, incluindo o capim-elefante.

A radiação solar é o fator desencadeador da fotossíntese, pois constitui a fonte de energia a ser convertida em biomassa. Porém, os passos bioquímicos dependem também da temperatura, que influencia, por exemplo, na atividade das enzimas e no transporte de compostos fotoassimilados (Corsi, 1976). É evidente e bem reconhecido o efeito da temperatura sobre o crescimento e sobre o desenvolvimento de diversas culturas. E de modo geral este fator parece ser o mais importante (Lemaire & Agnusdei, 2000). Passos (1999) verificou que, em plantas de capim-elefante, à medida que a intensidade luminosa é reduzida, as curvas de respostas fotossintéticas à temperatura tornam-se menores. Este dado revela que, as intensidades luminosas necessárias para saturar a fotossíntese sob temperaturas baixas são menores que aquelas requeridas sob altas temperaturas e reduções na intensidade luminosa terão pouco efeito na taxa fotossintética, a não ser que a intensidade luminosa em si se torne muito reduzida e, portanto, limitante. De acordo com Kerbauy (2008), a fotossíntese em plantas C_4 apresenta bastante eficiência em ambientes quentes e intensamente iluminados, devido à adaptação do mecanismo concentrador de CO_2 presente nestas plantas.

A necessidade de água varia entre as espécies, e de acordo com as condições climáticas e edáficas de uma determinada região. Segundo Pedreira et al (1998), a radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do vento são fatores que afetam a perda de água pela planta.

A produção de carboidratos solúveis pela fotossíntese e a translocação desses carboidratos na planta sob estresse hídrico estão na dependência, da abertura e fechamento dos estômatos e da atividade dos drenos metabólicos (Nascimento Júnior, 1986). E na maior parte das áreas tropicais, o déficit hídrico é o fator mais importante na determinação do crescimento e da produtividade das forrageiras (Suárez et al., 1986).

O estresse hídrico causa severa inibição no processo fotossintético pelos efeitos estomáticos e não-estomáticos. O efeito estomático é um evento primário, contribui notavelmente para reduzir as perdas de água durante limitada disponibilidade e, ou, alta demanda evaporativa, o que leva à menor disponibilidade de CO₂ nos espaços intercelulares, reduzindo a sua assimilação nos cloroplastos (Faria et al., 1996). Já o efeito não estomático está relacionado às alterações nos processos fotoquímicos como a redução no transporte de elétrons, afetando a formação de ATP e NADPH, e nos processos bioquímicos com a redução na eficiência carboxilativa ou na quantidade e atividade da rubisco e de outras enzimas do metabolismo fotossintético (Taiz & Zeiger, 2010).

Plantas submetidas ao estresse hídrico severo frequentemente apresentam marcante efeito fotoinibitório, caracterizado por decréscimo significativo do rendimento quântico. Nesse caso, o déficit hídrico, em combinação com altos níveis de irradiância, pode causar significativa redução na eficiência da fotossíntese (Ort, 1988).

A água além de ser considerada como uma fonte para o crescimento da planta é também um meio de dissipar o excesso de energia solar recebido pelas folhas para evitar o excesso de temperatura e dessecação do tecido da planta (Smith, 1975). De maneira geral, todos os aspectos ligados ao crescimento da planta são afetados pelo estresse hídrico (Kramer, 1983).

A disponibilidade de CO₂ para a fotossíntese depende de sua difusão da atmosfera para o interior dos espaços aéreos do mesófilo foliar. Na presença de quantidades adequadas de luz, altas concentrações de CO₂ atmosférico favorecem elevadas taxas fotossintéticas; todavia, baixas concentrações de CO₂, promovem quedas substanciais na fotossíntese (Kerbaudy, 2008). Esse comportamento pode ser explicado pelo fechamento dos estômatos, que diminui a disponibilidade de CO₂ ou a baixa capacidade de redução de CO₂ pela rubisco (Loomis & Amthor, 1999).

À medida que a fotossíntese se desenvolve, o CO₂ consumido da atmosfera intrafoliar é repostado pelo CO₂ atmosférico por difusão. No entanto, quando as plantas começam a perder mais água do que podem absorver, tendem a diminuir o grau de abertura dos estômatos, para reduzir a perda de água e manter seu equilíbrio hídrico (Kerbaudy, 2008).

O capim-elefante apresenta taxas de fotossíntese líquida bastante elevadas em altas irradiâncias, em contraste com outras plantas da família poaceae, com grande capacidade de conversão da energia solar em energia química. É altamente eficiente na fixação de CO₂ (gás carbônico) atmosférico durante o processo de fotossíntese para a produção de biomassa vegetal (Gutierrez et al., 1976).

3.4. Produção de Biomassa

Muitas pesquisas têm sido conduzidas em vários estados do Brasil, visando identificar cultivares de capim-elefante mais produtivas e mais adaptadas a diferentes condições edafoclimáticas das regiões brasileiras.

Na Região Sudeste, Alcântara et al. (1980) comparando 25 cultivares de capim-elefante em São Paulo observaram o maior rendimento forrageiro da Taiwan A-144 (51.890 kg de matéria seca/ha/ano). Botrel et al. (2000) ao avaliar o potencial forrageiro de 20 clones de capim-elefante, obtiveram produções médias em torno de 30 toneladas de matéria seca/ha/ano. Verificaram também produtividade de 43.195, 31.222 e 25.910 kg/ha/ano para as cultivares Pioneiro, Cameroon e Taiwan A-146, respectivamente em Minas Gerais.

Na região Nordeste, Santana et al. (1989), comparando diferentes cultivares de capim-elefante no Sul da Bahia, observaram que Napier, Mineiro e Cameroon foram as mais produtivas (20.000 kg de matéria seca/ha/ano).

A produção de biomassa seca de capim-elefante varia de acordo com o genótipo, a época de cultivo, a disponibilidade de nutrientes e o tipo de solo, podendo atingir mais de 40 toneladas de matéria seca por hectare anuais (Morais et al., 2009; Zanetti, 2010; Flores, 2013).

Na Região do Norte Fluminense, Oliveira (2012) avaliou durante 10 meses, seis genótipos de capim-elefante, encontrou uma média de produção de matéria seca de 35,03 t ha⁻¹. Rossi (2010) em seu estudo na região de Campos dos Goytacazes, ao avaliar o potencial de seis genótipos de capim-elefante encontrou uma média de aproximadamente 28,53 t ha⁻¹ de matéria seca em 10 meses de cultivo. Santos (2013) estando três genótipos obteve produção média de matéria seca de 26,74 t ha⁻¹ em um período de 10 meses.

3.5. Biomassa Vegetal como Fonte de Energia

Atualmente, a maioria dos países, sejam eles desenvolvidos ou não, promovem ações para que as energias alternativas renováveis façam parte de suas matrizes energéticas. A biomassa, como fonte de energia, fornece um terço da energia dos países em desenvolvimento, com uma variação de cerca de 90% em países como a Uganda, Ruanda e Tanzânia, 45% na Índia, 30% na China, de 20 a 26% no Brasil, e de 10 a 15% no México e na África do Sul. Estes percentuais variam pouco à medida que esses países consomem mais combustíveis fósseis comerciais (Goméz et al, 2002).

A ameaça real de mudanças climáticas globais e da carência de energia protagonizada pelo fim da era dos combustíveis fósseis devido ao esgotamento das reservas de petróleo, carvão mineral e gás natural, abre-se a oportunidade para a exploração da energia renovável, especialmente, a produzida a partir da biomassa (EMBRAPA, 2008).

A biomassa é um recurso renovável que provém de matéria orgânica, seja de origem vegetal ou animal, tendo por objetivo principal a produção de energia. É uma forma indireta de aproveitamento da energia luminosa solar, onde ocorre a conversão da radiação solar em energia química através da fotossíntese, base dos processos biológicos de todos os seres vivos. A biomassa vegetal é um termo que engloba a matéria vegetal gerada através da fotossíntese e seus derivados, como resíduos florestais, agrícolas, resíduos animais e a matéria orgânica contida em resíduos industriais, domésticos, Municipais e etc. Em suma, consiste em toda essa matéria orgânica, que pode ser utilizada como combustível para fornecer energia (Nogueira, 2003).

Uma das vantagens da biomassa é que seu aproveitamento pode ser feito diretamente, por meio da combustão em fornos, caldeiras, etc. A combustão é a transformação da energia química dos combustíveis em calor, por meio das reações dos elementos constituintes com o oxigênio fornecido. O problema da combustão direta é a alta umidade (20% ou mais no caso da lenha) e a baixa densidade energética do combustível (lenha, palha, resíduos etc.), o que dificulta o seu armazenamento e transporte. Para que seja aumentada a eficiência e sejam reduzidos os impactos socioambientais no processo de sua produção, estão sendo desenvolvidas e aperfeiçoadas tecnologias de conversão mais

eficientes como a gaseificação e a pirólise em sistemas que utilizam a biomassa como fonte energética (ANEEL, 2006).

Gaseificação: como o próprio termo indica, gaseificação é um processo de conversão de combustíveis sólidos em gasosos, por meio de reações termoquímicas, envolvendo vapor quente e ar, ou oxigênio, em quantidades inferiores à estequiométrica (mínimo teórico para a combustão).

Pirólise: a pirólise ou carbonização é o mais simples e mais antigo processo de conversão de um combustível (normalmente lenha) em outro de melhor qualidade e conteúdo energético (carvão, essencialmente). O processo consiste em aquecer o material original (normalmente entre 300°C e 500°C), na “quase-ausência” de ar, até que o material volátil seja retirado. O principal produto final (carvão) tem uma densidade energética duas vezes maior que aquela do material de origem e queima em temperaturas muito mais elevadas.

Dentre as vantagens do uso da biomassa está, principalmente, a sustentabilidade, pelo fato de ser renovável, permitir o reaproveitamento de resíduos, não contribuindo para o efeito estufa, com o gás carbônico (CO₂), já que o mesmo é absorvido através da fotossíntese, o que não ocorre em outras fontes de energia como o petróleo ou o carvão, além disso, apresenta um baixo custo de produção (Evane & Rocha, 2010).

Segundo a Agência Internacional de Energia (AIE), calcula-se que dentro de aproximadamente 20 anos, cerca de 30% do total da energia consumida pela humanidade será proveniente das fontes renováveis, que hoje representam 14% da energia produzida no mundo, em que a biomassa tem 11,4% na participação da oferta. O Brasil tem se destacado no mundo com relação à produção de biomassa para geração de energia.

As condições climáticas do Brasil são uma das características que facilitam a produção de biomassa. Segundo Quesada (2005), o Brasil mostra este fato na produção de biomassa tais como o etanol, carvão vegetal e lenha das plantações. O Brasil é um país de clima tropical muito favorável, especialmente às plantas, de metabolismo C₄, que significa favorecer o crescimento de massa vegetal em curto período de tempo, tornando eficiente o aproveitamento da energia solar. Neste contexto, têm as Poáceas que se destacam por apresentarem maior produção de massa vegetal em relação a outros vegetais. O capim-elefante é uma poácea que apresenta grande eficiência na fotossíntese (metabolismo C₄), com elevada

capacidade de acumulação de matéria seca, podendo ser comparada à cana-de-açúcar. Ele tem apresentado diante das pesquisas realizadas, enormes vantagens em relação às demais fontes de energia. Apresenta grande produtividade em menores extensões de áreas, menor ciclo produtivo com melhor fluxo de caixa, possibilidade de mecanização total, energia renovável e maior assimilação de carbono. (Jacques, 1997; Quesada, 2004; Mazzarella, 2007).

A Dedini S/A Indústrias de Base (empresa industrial mais conhecida por produzir centrais açucareiras e destilarias de álcool) assinou no dia 18 de julho de 2007, contrato com a Sykue Bionergy Eletricidade, que adiantou o processo de construção e instalação de uma termoelétrica em São Desidério, interior da Bahia (BA), sendo que segundo o superintendente da Divisão de Energia da Dedini, Jayme Schutz, essa é a primeira termoelétrica do país movida somente à capim-elefante, sendo uma energia renovável e limpa, além de ser mais barata e precisar de uma área menor de cultivo (Revista Fator Brasil, 2006; Osava, 2007; Jornal de São Desidério, 2010).

3.6. O Capim-Elefante e o Nitrogênio

Dentre os diversos macronutrientes essenciais ao desenvolvimento e crescimento das plantas, se sobressai o nitrogênio, pelas suas funções relevantes na produção e síntese de aminoácidos. Apresenta-se em quantidades insuficientes na quase totalidade dos solos brasileiros, estando predominantemente ligado aos compostos orgânicos (98% do total). Como componente essencial da proteína, encontra-se nos resíduos de plantas, de animais e de micro-organismos. Como o nitrogênio do solo apresenta-se principalmente na forma orgânica, é necessário, para a sua liberação e absorção pelas plantas, que haja mineralização, processo pelo qual o nutriente se torna disponível para a absorção pelas plantas, e que envolve a participação de microrganismos (Cruz et al., 2013).

O nitrogênio é um dos nutrientes que mais limita o desenvolvimento, a produtividade e a biomassa da maioria das culturas. Na agricultura, as principais fontes de nitrogênio são os fertilizantes derivados da amônia anidra, como a ureia, o sulfato de amônio e o nitrato de amônio. Estes fertilizantes apresentam diferentes formas de nitrogênio: amídica, nítrica e amoniacal. Considera-se ainda

a ação de microrganismos aeróbios no solo, participando no processo de nitrificação, transformando o amônio (NH_4^+) em nitrato (NO_3^-).

Inúmeros trabalhos indicam a existência de diferenças no desenvolvimento de poaceas (milho, trigo e outros cereais) na presença de diferentes formas de nitrogênio aplicadas ao solo. Além disto, formas nítricas lixiviam com maior facilidade do que as amoniacais, resultando em problemas ambientais, como a contaminação de lençóis freáticos e de mananciais de água, o que pode possibilitar a entrada deste elemento na cadeia alimentar (Andrade et al., 2000).

A formação de pastagens nas regiões tropicais e subtropicais é quase sempre relegada às terras de baixa fertilidade, resultando no desenvolvimento lento das Poáceas. Surge, então, a necessidade de aumentar a produtividade dessas pastagens, o que requer a aplicação de fertilizantes, a fim de permitir exploração animal mais intensiva, capaz de competir com outras formas de exploração dentro da atividade agrícola.

Para a determinação de níveis críticos e das doses recomendáveis de nutrientes a serem adicionadas ao solo é de vital importância para uso racional de fertilizantes (PREZOTTI et al., 1988).

Entre os macronutrientes, o nitrogênio e o potássio possuem papel fundamental para a nutrição das plantas; o nitrogênio, por ser constituinte essencial das proteínas e interferir diretamente no processo fotossintético, pela sua participação na molécula de clorofila, e o potássio, por ser o cátion em maior concentração nas plantas, sendo um nutriente com relevantes funções fisiológicas e metabólicas como ativação de enzimas, fotossíntese, translocação de assimilados e também absorção de nitrogênio e síntese proteica, tornando-se, portanto, limitante em sistema de utilização intensiva de solo.

A produção agrícola está diretamente relacionada com a disponibilidade dos nutrientes, que em determinada condição depende, além das formas químicas em que o mesmo se encontra no solo, da capacidade de absorção da cultura, do desenvolvimento do sistema radicular, do tempo de crescimento e, ainda, das condições climáticas e da disponibilidade de outros nutrientes.

Plantas forrageiras tropicais respondem a altas doses de N (500 a 800 kg/ha de N) (Oliveira et al., 2003; Mistura et al., 2007). Na Costa Rica, Vicente-Chandler et al. (1959) estabeleceram produção de 84.800 kg/ha/ano MS, sob

elevada fertilização nitrogenada, e com precipitações anuais de 2.000 mm, com respostas positivas à aplicação de até $1.800 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ de N.

Andrade et al. 2000 utilizaram combinações entre N e K, de um fatorial incompleto de N e K, avaliados em sete doses de N (20, 50, 100, 200, 300, 350 e 380 kg/ha de N) e sete de K (16, 40, 80, 160, 240, 280 e 304 kg/ha de K). A produtividade foi aumentada pelas adubações nitrogenada e potássica em 86%.

3.7. O Capim-Elefante e o Potássio

O K é o segundo nutriente mineral requerido em maior quantidade pelas espécies vegetais, depois do N. Tem alta mobilidade na planta em qualquer concentração, seja dentro da célula, seja no tecido vegetal, no xilema ou no floema. O K não é metabolizado na planta e forma ligações com moléculas orgânicas de fácil reversibilidade. Além disso, é o íon mais abundante nas células vegetais (Marschner, 1995).

O potássio é o único cátion monovalente essencial para todas as plantas e o mais abundante no citoplasma celular, desempenhando várias funções na planta. Na forma de íon inorgânico, está presente dentro das células como importante soluto, participando juntamente com outros solutos inorgânicos na osmorregulação celular da atividade enzimática (Malavolta et al., 1986). É o cátion mais abundante na planta, sendo notável a diferença na velocidade de absorção quando comparado com outros elementos. Embora não se conheça composto orgânico tendo como parte constitutiva o potássio, sabe-se que o elemento é necessário para a ativação de uma série de enzimas presentes em vários processos metabólicos. É necessário ao desenvolvimento da clorofila, embora não constitua fração predominante na sua estrutura molecular, na absorção de CO_2 , na abertura estomática, bem como no regime hídrico das células e dos tecidos das plantas. Sabe-se que plantas deficientes em potássio acumulam carboidratos e compostos nitrogenados solúveis, têm taxa respiratória aumentada e taxa de fotossíntese reduzida, em relação a plantas adequadamente supridas (Quesada 2005). O teor de potássio na planta está estreitamente correlacionado com resistência a determinadas doenças, a estresse de umidade, a baixa temperatura e ao acamamento de plantas.

O potássio é um macronutriente, podendo-se destacar entre suas funções nos vegetais a participação nos processos de: translocação de açúcares, abertura e fechamento de estômatos e a regulação osmótica. O potássio pode, ainda, ter relação com a qualidade do produto e com a incidência de doenças (Malavolta, 2006).

O potássio, além de ser um elemento de alto custo de importação, sofre grande lixiviação nos solos altamente intemperizados e profundos e, assim, não se acumula de maneira significativa nos solos (Prezotti et al., 1988). É, portanto, um elemento do qual não se esperam, nesses solos, respostas residuais por um período muito longo, devendo sua recomendação de adubação basear-se no conhecimento de seu nível crítico no solo.

O nível crítico de um nutriente, tanto no solo quanto na planta, refere-se à sua concentração abaixo da qual existe alta probabilidade de resposta da produção à sua adição ao solo.

Não basta somente conhecer o nível crítico para determinada cultura, é preciso também conhecer todas as variáveis envolvidas direta ou indiretamente no processo, ou seja, aquelas que influem no valor encontrado, como tipo de solo, teor de argila, extrator usado e outros, para que este possa ser extrapolado para outro tipo de solo (Brunetto et al., 2005).

Os principais fertilizantes potássicos utilizados na agricultura são o cloreto de potássio KCl (60 a 62% de K_2O e 48% de Cl), o sulfato de potássio K_2SO_4 (50 a 53% de K_2O e 17% de S), o nitrato de potássio KNO_3 (44 a 46% de K_2O e 13 a 14% de N) e o sulfato de potássio e magnésio $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$ (22% de K_2O , 22% de S e 12 a 18% de Mg). Dentre essas fontes, o KCl representa maior parte do mercado, aproximadamente 95% de todo o potássio usado na agricultura (Granjeiro & Cecílio Filho, 2006).

3.8. Viabilidade Econômica

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 (Ponciano et al., 2006).

A tomada de decisão na implantação e condução de uma determinada atividade agrícola depende, entre outros aspectos, fundamentalmente do conhecimento de seus custos, identificando os itens que mais oneram a produção, principalmente os relacionados à mão de obra e aos insumos (Dadalto & Xavier, 2008).

A premissa básica que norteia o comportamento do empresário é o de que ele busca a maximização dos lucros da empresa ou da sua receita líquida. Na determinação do nível de insumo variável que maximiza o lucro, o uso da análise marginal é o mais apropriado. Essa análise é utilizada para comparar o custo do insumo variável com a receita do produto. Um insumo 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. Se a última unidade do insumo variável empregada aumentar mais a receita do que o custo, mais desse fator deve ser utilizado; contudo, se a última unidade de insumo aumentar mais os custos do que a receita, menor quantidade desse fator deve ser empregado (Lyra, 2007).

Assim, trabalhos que envolvem a viabilidade econômica, consistem no ajustamento dos dados disponíveis a formas matemáticas adequadas, que têm a finalidade de predizer a curva ou superfície total de produção, começando pelas equações ajustadas, e derivar os elementos relevantes a cada estudo particular. Dessa maneira, a viabilidade econômica de um empreendimento expressa uma relação intrínseca entre a produção de um bem/serviço e os insumos e/ou fatores de produção necessários.

A avaliação de custos apresenta-se como poderoso elemento auxiliar na tomada de decisão por quaisquer atividades, descrevendo a compensação por todos os fatores produtivos ligados a essas (Gomes et al., 1989; Souza, 2002). Conforme Arruda & Corrêa (1992) e Lopes & Carvalho (2000), o controle de custos produtivos possibilita: a) analisar a rentabilidade da atividade proposta, comparando-a com outras alternativas de investimento; b) balizar o preço de venda do produto rural a ser comercializado, verificando sua compatibilidade com o mercado; c) servir como ferramenta estratégica para tomadas de decisão

corretas e seguras, além de d) identificar o ponto de equilíbrio do sistema produtivo padrão de uso da tecnologia, determinando sua adequada escala de operação.

Portanto, o produtor rural deve ter conhecimento de uma planilha que detalhe, não somente os gastos de uma safra, mas sim, que sirva como referência para construir suas próprias estruturas de custos, tendo condições de avaliar se a atividade agrícola está dando lucro ou prejuízo e um eventual ajuste dos recursos alocados (Deleo et al., 2011).

Uma consideração importante descrita por Mazzarella (2000), Urquiaga, Alves e Boddey (2004) e Pacheco et al. (2004), relacionar-se-ia à contribuição do cultivo de capim-elefante na geração de oportunidades de trabalho. Leite (2001), citando dados do BNDES, confirmou a atividade rural como a maior geradora de empregos entre os setores da economia, ou seja, para cada milhão de reais investidos no agronegócio, seriam criadas 182 vagas de trabalho, enquanto que na construção civil, este investimento geraria apenas 48 vagas.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACUNHA, J. B. V., COELHO, R. W. (1997). Efeito da altura e intervalo de corte do capim-elefante anão. I. Produção e qualidade da forragem. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 32(1): 117-22.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. (2015) Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/05-Biomassa\(2\).pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/05-Biomassa(2).pdf)>. Acesso em: 10 out. 2015.
- ALCANTARA, P.B., ALCANTARA, V.B.G., ALMEIDA, J.E. (1980) Estudo de vinte e cinco prováveis variedades de capim-elefante (*Pennisetum purpureum shum.*). Boletim da Indústria Animal, Nova Odessa, 37 (2): 279–302.
- ANP, “Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo e do Gás Natural 2013”, Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP, Rio de Janeiro, 2013. MME - Balanço Energético Nacional - 2013, Ministério de Minas e Energia, 2013.
- ANDRADE, A. C.; FONSECA, D. M.; FONSECA, D. M. da.; GOMIDE, J. A.; ALVAREZ, V. H.; MARTINS, C. E.; SOUZA, D. P. H. de. (2000). Produtividade e valor nutritivo do capim-elefante cv. Napier sob doses crescentes de nitrogênio e potássio. *R. Bras. Zootec.*, 39 (10): 2132-2140.

- ARRUDA, Z. J., CORRÊA, E. S. (2005) Avaliação técnico-econômica de sistemas de produção de gado corte: O sistema físico de produção do CNPGC. Embrapa: CNPGC. Disponível em: <http://www.cnpgc.embrapa.br/publicações/cot/COT42.html>. Acesso em 20 jun de 2015.
- BOTREL, M. A., PEREIRA, A. V., FREITAS, V. P. (2000) Potencial forrageiro de novos clones de capim-elefante. *Rev. Bras. Zootec.*, 29 (2): 334-340.
- BRASIL. (2004) Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética Balanço Energético Nacional 2004: ano base 2003: Sumário Executivo / Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro: EPE, 2004.
- BRUNETTO, G.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D.S.; GATIBONI, L.C.; SAGGIN, A.; CASALI, C.A.; SANA, R.S. & CORSINI, A.L.M. Nível crítico e resposta das culturas ao potássio em um Argissolo sob sistema plantio direto. In: *Rev. Bras. Ciênc. Solo*. vol.29 n^o.4, Viçosa, 2005.
- BRUNKEN, J.N. (1977) A systematic study of Pennisetum Sect. Pennisetum (Gramineae). *Amer. J. Bot.*, 64(2): 161-76.
- CORSI, M. (1976) Espécies forrageiras para pastagens. In: Simpósio sobre o manejo de pastagens, 3. Piracicaba, 1976. Piracicaba, SP: ESALQ, USP, 5-36.
- CRUZ, R. S. da, SANTOS, A. C. dos, CASTRO, G.D.C, ALEXANDRINO, E., CARAÇA, D.C., DINIZ, J.P. (2013) Produtividade do Capim-Cameroon estabelecida em duas classes de solos e submetido a doses crescentes de nitrogênio no norte tocantinense. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAnimSci/article/viewFile/6209/6209>. Acesso em 02/07/2013.

- DADALTO, G. G., XAVIER, E.L.M. (2008) Coeficientes técnicos de produtos e atividades agrícolas no Estado do Espírito Santo. Vitória, E.S.:Incaper,84 p.
- DAHER, R. F.; VÁSQUEZ, H. M.; PEREIRA, A. V. (2000) Introdução e avaliação de clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) em Campos dos Goytacazes, RJ. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, MG, 29 (5): 1296-1301.
- DELEO, J. P.B., MENEGAZZO, T. M., TAPETTI, R. (2011) Hortifruti Brasil, estão sustentável da produção de hortaliças, junho 2011. Disponível em: www.cepea.esalq.usp.br/hfbrasil. Acesso em: 14/09/2015.
- EMBRAPA AGROENERGIA. (2008) Focando em soluções: da biomassa à energia. Plano Diretor Da Embrapa Agroenergia Brasília, DF.
- EVANE, S.; ROCHA, C. R. (2010) Eucalipto e Capim-elefante: Característica e Potencial Produtivo de Bimassa. *Revista Agrogeoambiental*, 2 (1): Pouso Alegre: IFSULDEMINAS.
- FARIA, T.; GARCIA-PLAZAOLA, J. I.; ABADIA, A.; CERASOLI, S.; PEREIRA, J. S.; CHAVES, M. M. (1996) Diurnal changes in photoprotective mechanisms in leaves of cork oak (*Quercus suber*) during summer. *Tree Physiology*, 16: 115-123.
- FARIA, V. P. de (1994) Formas de uso do capim-elefante. In: SIMPÓSIO SOBRE CAMPIM-ELEFANTE, 2., Coronel Pacheco. Anais...Coronel Pacheco, MG: EMBRAPA/CNPGL, 139-148.
- FERNÁNDEZ, E. F. Y, ALMEIDA, A. dos S. de., FONSECA, H. R., FERNANDES, M. C. B. (2013) Balanço Energético do Estado do Rio de Janeiro 2013.
- FLORES, R.A.; URQUIAGA, S.S.; ALVES, B.J.R.; COLLIER, L.S.; ZANETTI, J.B., PRADO, R.M. (2013) Nitrogênio e idade de corte na qualidade da biomassa

de capim- elefante para fins agroenergéticos cultivado em Latossolo. *Semina: Ciências Agrárias*, 34 (1): 127-136.

GOMIDE, J.A. (1973). Fisiologia e manejo de plantas forrageiras. *Revista Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 2(1): 17-26.

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

GOMÉZ, E. O. (2002) Estudo da pirólise rápida de capim elefante em leito fluidizado borbulhante mediante caracterização dos finos de carvão. (Tese de Doutorado) Universidade Estadual de Campinas, 412p.

GRANJEIRO, L.C.; CECÍLIO FILHO, A.B. (2006) Características de produção de frutos de melancia sem sementes em função de fontes e doses de potássio. *Horticultura Brasileira*, 24 (4): 450-454.

GUTIERREZ, M., EDWARDS, G.E., BROWN, W.V. (1976). PEPcarboxilase containing species in the Brachiaria group of the family Panicoidae. *Biochem. Systems Ecology*.

JACQUES, A. V. A. (1997) Caracteres morfológicos e suas implicações no manejo In: CARVALHO, M. M; XAVIER D. F. CARVALHO L. DE A. Capim- elefante: produção e utilização. Juiz de Fora: EMBRAPA-CNPGL.

JACQUES, A. V. A. (1990) Fisiologia do crescimento do capim-elefante. In: Anais Simpósio de capim elefante, Juiz de Fora, Coronel Pacheco, MG, EMBRAPA-CNPGL, 23-34.

JAHUAR, P.P. (1981) Cytogenetics and breeding of pearl millet and related species. New York: Alan R. Liss. Lavras:SBZ: 1-32.

JORNAL DE SÃO DESIDÉRIO (2010) Ano I - São Desidério comemora 48 anos. Edição Zero - Distribuição Gratuita, São Desidério - Bahia, Fevereiro de 2010.

Disponível em: http://www.saodesiderio.ba.gov.br/jornal_cidadao/00-2010.pdf.
Acesso em: 21/10/2014.

KERBAUY, G. B. (2008) *Fisiologia Vegetal*. Editora Guanabara, Rio de Janeiro.

KRAMER, P.J. (1983). *Water relations of plants*. New York: Academic Press. 489p.

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

LEMAIRE, G., AGNUSDEL, M. (2000). Leaf tissue turn-over and efficiency of herbage utilization. In: LEMAIER, G., HODGSON, J., MORAES, A., et al. (Eds.). *Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology*. CAB International. 265-288.

LIMA, E. S.; SILVA, J. F. C. da MALDONADO, H. V. ; ARAUJO, S. A.C.; LISTA, F.N.; CARNEIRO, R.F.V.; ROCHA, T.C. ; RUIVO, S. C.; DEMINICIS, B. B.; COSTA, D. P. B. (2008) Composição e digestibilidade in vitro de genótipos de capim-elefante aos 56 dias de rebrota. *Archivos de Zootecnia*, 57: 279-282.

LOOMIS, R.S.; AMTHOR, J.S. (1999) Yield Potential, Plant Assimilatory Capacity, and Metabolic Efficiencies. *Crop Science*, 39: 1584–1596.

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

LYRA, G. B. (2007) Estimativa dos Níveis Ótimos Econômicos de Irrigação e de Adubação Nitrogenada nos Mamoeiros (*Carica Papaya L.*) Cultivar Golden e do Híbrido UENF Caliman 01. Universidade Estadual do Norte Fluminense – Campos dos Goytacazes - RJ. Disponível em: http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetailheObraForm.do?select_ação=&co_obra=87932. Acesso em: 15/09/2015.

- MALAVOLTA, E. (2006) *Nutrição Mineral de Plantas*. São Paulo: Ed. Agr. Ceres. 631p.
- MALAVOLTA, E.; LIEM T. H.; PRIMAVESI A. C. P. A. (1986) Exigências nutricionais das plantas forrageiras. In: MATTOS, B. B.; WERNER J. C.; YAMADA T.; MALAVOLTA, E.ed. *Calagem e adubação de pastagens*. Potafos, Piracicaba, 31-76.
- MALDONADO, J.A. (1955) El pasto elefante o grama elefante *Pennisetum purpureum* (Schum). *Revista Industrial y Agrícola de Tucuman, Tucuman*, 39 (1-9): 22-29.
- MARSCHNER, H. (1955) *Mineral nutrition of higher plants*. London, Academic Press, 889p.
- MAZZARELLA, V. (2000) Projeto prevê a obtenção de energia através da utilização de capim-elefante. *Revista Meio Ambiente Industrial*. 24 ed. 23: 82-83.
- MAZZARELLA, V. (2007) Jornada Madeira Energética- Capim Elefante como fonte de energia no Brasil: Realidade Atual e Expectativas. IPT-BNDS -Rio de Janeiro.
- MAZZARELLA, V. (2008) Capim-elefante: A energia renovável moderna. Documento publicado em www.capim-elefante.org.br. Acesso em 09/11/2011.
- MENEZES, B. R da S. (2014) Capacidade Combinatória e Estimativas de Parâmetros de Heterose em Genótipos de Capim-elefante para Fins Energéticos. Tese de Doutorado. Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 109p.
- MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. MME. (2012) *Balanco Energético Nacional, 2012, Ano Base 2011*”. Secretaria de Energia, República Federativa do Brasil.

- MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. MME. (2013) Balanço Energético Nacional, 2013, Ano Base 2012". Secretaria de Energia, República Federativa do Brasil.
- MISTURA, C.; FONSECA, D. M.; MOREIRA, L. M.; FAGUNDES, J. L.; MORAIS, R. V.; QUEIROZ, A. C.; RIBEIRO JÚNIOR, J. I. (2007) 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*, 36 (6): 1707-1714.
- MORAIS, R. F.; ZANETTI, J. B.; PACHECO, B. M.; JANTÁLIA, C. P.; BODDEY, R. C.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. (2009) Produção e qualidade da biomassa de diferentes genótipos de capim-elefante cultivados para uso energético. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 4 (2).
- NASCIMENTO JÚNIOR, D. do. (1986) Leguminosas - Espécies Disponíveis, Fixação de Nitrogênio e Problemas Fisiológicos para o Manejo de Consorciação. In: Anais do 8º Simpósio sobre o Manejo de Pastagem. FEALQ: 390-411.
- NOGUEIRA, L.A.; LORA, E. E. S. (2003) *Dendroenergia: fundamentos e aplicações*. Rio de Janeiro: Interciência. 200p.
- NOVAIS, R.F., KAMPRATH, E.J. (1979). Parâmetros das isotermas de adubação de fósforo como critério de recomendação de adubação fosfatada. *R. Bras. Ci. Solo*, 3 (1): 37-41.
- OLIVEIRA, E. DA SILVA. (2012) Variação de Caracteres Morfoagronômicos e da Qualidade da Biomassa em Seis Genótipos de Capim-elefante (*Pennisetum purpureum* schum.) em Função de Diferentes Doses de Nitrogênio e Análise da Viabilidade Econômica em Campos dos Goytacazes, RJ. Tese de Doutorado. Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 131p.
- OLIVEIRA, M. L. F. (2014) Avaliação Uni e Multivariada de Características Morfoagronômicas para Fins Energéticos e estudo da Diversidade Genética

do Capim-elefante com Base em Características Quantitativas e Multicategóricas. Tese de Mestrado. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 97p.

- OLIVEIRA, P. P. A.; TRIVELIN, P. C. O.; OLIVEIRA, W. S. (2003) 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*, 27 (4): 613-620.
- ORT, D.R., BAKER, N.R. (1988) Consideration of photosynthetic efficiency at low light as a major determinant of crop photosynthetic performance. *Plant Physiology and Biochemistry*, 26:555-65.
- OSAVA, M. (2007) Capim elefante, novo campeão em biomassa no Brasil. Agrosoft Brasil. Disponível em: www.agrosoft.org.br/?q=node/26484. Acesso em: 27/04/2008.
- PACHECO, B. M., ALENCAR, J. A., VIAL, J. G. et al. (2004) Produção de carvão vegetal a partir da biomassa de capim-elefante: Estimativa de benefícios: Geração de empregos e de renda. Documento técnico. INCAPER. 31p.
- PASSOS, L.P. (1999). Fisiologia do capim-elefante: uma revisão analítica. In: PASSOA, L.P., CARVALHO, L.A., MARTINS, C.E. et al. (Eds.) *Biologia e manejo do capim-elefante*. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite: 29-62.
- PAZ, L.G., MATOS, M.M.V.L. (1985). *A fotossíntese e a produtividade das forrageiras*. In: Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 8 (10): 103-20.
- PEDREIRA, C.G.S.; NUSSIO, L.G.; SILVA, S,C, da. (1998) Condições Edafo-climáticas para Produção de *Cynodon* spp. In: *Anais do 15º Simpósio sobre Manejo da Pastagem*. FEALQ.: 85-113.

- PEREIRA, A. V. (1992) *Escolha de variedades de capim-elefante*. In: Peixoto A. M., Moura J. C. and Faria, V. P (ed) Simpósio sobre manejo de pastagem. 10. Anais... Piracicaba: 45-62.
- PEREIRA, A.V.; AUAD, A.M.; LÉDO, F.J.S.; BARBOSA, S. (2010) *Pennisetum Purpureum*. In: FONSECA, D.M. & MARTUSCELLO, J.A. (Ed), Plantas Forrageiras. Viçosa: UFV, 6: 197-219.
- 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.
- PREZOTTI, L.C., DEFELIPO, B.V., ALVARES V., V.H. et al. (1988). Nível crítico de potássio no solo para a produção de mudas de eucalipto. *R. Bras. Ci. Solo*, 12(1):65-70.
- 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.
- 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, Seropedica, RJ.
- REVISTA FATOR BRASIL. DEDINI (2006) assina contrato de termoelétrica movida à capim-elefante. Disponível em: http://www.revistafatorbrasil.com.br/ver_noticia.php?not=14691. Acesso em: 06/10/2014.

- ROCHA, A. dos S. Estudos de Interação Genótipos por Cortes Semestrais e Correlações em Capim-elefante para Fins Energéticos. Tese de Mestrados. Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 70P.
- RODRIGUES, L. R. de A.; PEDREIRA, J. V. S.; MATTOS H. B. de. (1975) Adaptação ecológica de algumas plantas forrageiras. *Zootecnia, Nova Odessa*, 13 (4): 201-218.
- ROSSI, D. A. (2010) Avaliação morfoagronômica e da qualidade de biomassa de acessos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) para fins energéticos no Norte Fluminense. Mestrado - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 57p.
- SAMSON, R.; MANI, S.; BODDEY, R.; SOKHANSANJ, S.; QUESADA, D.; URQUIAGA, S.; REIS, V.; HOLEM, C. (2005) The potential of C4 perennial grasses for developing a global BIOHEAT industry. *Critical Reviews in Plant Sciences*, Chicago, 24: 461-495.
- SANT'ANA, J. A. de A (2013) Efeito da adubação nitrogenada e fosfatada na composição química de genótipos de capim-elefante para uso energético e viabilidade econômica de risco. Tese de Doutorado. Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 74p.
- SANTANA, J.R., PEREIRA, J.M. ARRUDA, N.G. (1989) Avaliação de cultivares de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) no sul da Bahia. 1. Agrossistema cacauero. *R. Soc. Bras. Zootec.*, 18(3):273-83.
- SANTOS, M. M. P. (2013) Otimização da adubação nitrogenada em três cultivares de capim-elefante para fins energéticos no sul do Espírito Santo. Setembro de 2013. Tese de doutorado. Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 147p.
- SANTOS, M.V.F.; DUBEIX JÚNIOR, J.C.B.; SILVA, M.C.; SANTOS, S.F.; FERREIRA, R.L.C.; MELLO, A.C.L.; FARIAS, I.; FREITAS, E.V. (2003)

Produtividade e composição química de gramíneas forrageiras tropicais na Zona da Mata de Pernambuco. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32 (4): 821-827.

SILVA, M. M. P.; VASQUEZ, H. M.; BRESSAN-SMITH, R. E.; SILVA, J. F. C.; ERBESDOBLER, E. D. (2001) Diferenças Varietais nas Características Fotossintéticas de *Pennisetum purpureum* Schum. *Revista Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 30(6S): 1975-1983.

SMEETS, E. M. W.; LEWANDOWSKI, I. M.; FAAIJ, A. P. C. (2009) The economical and environmental performance of Miscanthus and Switchgrass production and supply chains in a European setting. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, New York, 13: 1230-1245.

SMITH, D. (1975) Forage Management in the North. Dubuque, Iowa, Kendall Hunt Pubs.

SOUZA, J.R.P; MEH,I H.O; RODRIGUES, J. D; PEDRAS, J. F. (1999). Sombreamento e o desenvolvimento e produção de rabanete. *Scientia Agricola* 56: 1-9.

SOUZA, P. M. (2002) 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*, 64-82.

SUÁREZ, J.J., HERRERA, J., HERRERA, R.S. (1986). RIEGO. In: Sistachs, M. (Ed.) *Los Pastos en Cuba - Producción*. 2.ed. Havana: Edica, 1: 417-468.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. (2010) *Fisiologia Vegetal*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed.

TIMBÓ, A. L. de O. (2007) Obtenção de Protoplastos de Híbridos Triplóides entre Capim-elefante e Milheto. Universidade Federal de Lavras: UFLA, 44p. Disponível em: <http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm>.

do?select_action=&co_obra=82222_. Acesso em: 14/11/2008.

URQUIAGA, S.; ALVES, B.; BODDEY, R. M. (2004) Capim Elefante: Uma nova fonte alternativa de energia. Ambiente Brasil. Disponível em: www.ambientebrasil.com.br. Acesso em 25/04/2008.

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

ZANETTI, J. B. (2010) Identificação de genótipos de capim- elefante (*Pennisetum purpureum* Schumch.) de alta produção de biomassa com qualidade para fins energéticos. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 73 p.

5. TRABALHOS

CAPÍTULO I. EFEITO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA NAS CARACTERÍSTICAS MORFOAGRONÔMICAS EM TRÊS GENÓTIPOS DE CAPIM-ELEFANTE PARA PRODUÇÃO DE BIOMASSA

RESUMO

NOVO, ANTONIO ALONSO CECON; D.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Novembro de 2015. Efeito da adubação nitrogenada e potássica nas características morfoagronômicas em três genótipos de capim-elefante para produção de biomassa.

Orientador: Prof. Rogério Figueiredo Daher D. Sc.

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum Schum.*) é uma poaceae tropical de elevado potencial de produção de biomassa. Devido à sua grande capacidade produtiva, tem sido proposto para o setor energético como uma possível fonte de energia renovável, por apresentar potencial para combustão direta. E para proporcionar em uma maior produção o nitrogênio e o potássio são fundamentais para a nutrição das plantas. O objetivo foi avaliar o efeito de nutrientes minerais nitrogênio e potássio sobre as características morfoagronômicas de diferentes genótipos de capim-elefante. O experimento foi instalado no Setor de Bovinocultura do Instituto Federal Fluminense – *campus* Bom Jesus do Itabapoana, RJ, no delineamento em blocos casualizados (DBC) em esquema de parcelas subdivididas, com três repetições, com casualização do fator Genótipo (Cubano Pinda - G1, IAC Campinas - G2 e Cameroon - G3) na parcela e o fatorial de N e K na subparcela. Nas subparcelas foram aplicadas quatro doses de adubação nitrogenada (100, 800, 1500 e 2200 kg N.ha⁻¹ ano⁻¹ na forma de ureia) e quatro doses de adubação potássica (50, 400, 750 e 1100 kg K₂O.ha⁻¹ ano⁻¹ na forma de cloreto de potássio), fracionadas em quatro aplicações durante o cultivo, no período chuvoso. Retiraram-se amostras das plantas da área

útil de 2,25 m² nas parcelas, no final do ciclo de cultivo de um ano, sendo medidas, pesadas e secas. Submeteram-se os dados à análise de variância conjunta pelo teste F. Utilizou-se teste de Tukey em 5% de probabilidade na comparação de médias entre genótipos e regressão para os efeitos da fertilização. Observou-se que para produção de matéria seca (PMS) só não houve efeito significativo para o fator genótipo (G) e para interação nitrogênio e genótipo (NG). Para %MS e LL não foram significativos para nenhuma fonte de variação ou interação. O modelo de regressão que melhor se ajustou foi o efeito linear de 1º grau ($P < 0,05$) decrescente em função das doses de N e K para o genótipo de capim-elefante Cubano Pinda e efeito quadrático para os genótipos IAC Campinas e Cameroon, com os respectivos coeficientes de determinação de 36,54 %, 91,81 % e 93,34 %. Para a característica (%MS), verificou-se que todos os genótipos apresentaram ausência de regressão ($P > 0,05$) para todas as doses de K dentro de cada dose de N. Para a característica número de perfilhos (NPPM), verificou-se que o genótipo que demonstrou regressão foi: IAC Campinas na dose N4, que teve um coeficiente de determinação $R^2 = 83,13\%$, em nível de significância de 5% pelo teste “F”, sendo que o modelo que melhor ajustou foi o de 1º grau. Em relação à Altura (ALT), não houve ajuste de modelo para os genótipos IAC Campinas e Cameroon, que apresentaram ausência de regressão, enquanto que o Cubano Pinda apresentou regressão de 1º grau e $R^2 = 56,33\%$, na dose N1. Para o diâmetro do colmo (DC), não houve ajuste de modelo para os genótipos Cubano Pinda e Cameroon, que apresentaram ausência de regressão, enquanto que o IAC Campinas apresentou regressão de 2º grau e $R^2 = 90,0\%$. Os genótipos não responderam significativamente ao incremento de N e K, no aumento da (LL), sendo a menor média obtida na dose N3 de 4,08 referente, ao Cameroon e a maior média, de 4,47 e 4,47 nas doses, N1 e N3, para os genótipos, IAC Campinas e Cubano Pinda, respectivamente. O estudo da produção de matéria seca mostrou que com a menor dose de nitrogênio e com o incremento das doses de potássio, a produção de matéria seca aumentou, mas, no entanto, à medida que se aumentou as doses de nitrogênio associada às doses de potássio a produção não foi incrementada, foi suprimida. Os resultados são bastante promissores e asseguram o uso dos três genótipos de capim-elefante, Cubano Pinda, IAC Campinas e Cameroon com produção média de

52,66; 50,60 e 48,57 t.ha⁻¹, respectivamente, como fonte alternativa para produção da biomassa.

Palavras-chave: *Pennisetum purpureum* Schum, Energia renovável, nutrientes minerais e capacidade produtiva.

ABSTRACT

NOVO, ANTONIO ALONSO CECON; D.SC .; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. November, 2015. Effect of nitrogen and potassium fertilization on agronomic traits in three elephant grass genotypes for biomass production.

Advisor: Prof. Rogério Figueiredo Daher D. Sc

The elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) Is a tropical poaceae high potential for biomass production. Due to its large production capacity, other uses have been proposed for the energy sector as a possible source of renewable energy, due to its potential for direct combustion. The objective was to evaluate the effect of mineral nitrogen and potassium nutrients on agronomic characteristics of different elephant grass genotypes. The experiment was conducted in the Beef Cattle Division of the Instituto Federal Fluminense - *campus* Bom Jesus do Itabapoana, RJ, in a randomized block design (RBD) in a split-plot design with three replications, with randomization of Genotype factor (Cuban Pinda - G1, IAC Campinas - G2 and Cameroon - G3) on the plot and the factorial of N and K in the sub-plot. In sub-plots were used four nitrogen fertilization doses (100, 800, 1500 and 2200 kg N.ha⁻¹ yr⁻¹ in the form of urea) and four potassium fertilizer doses (50, 400, 750 and 1100 kg K₂O. ha⁻¹ yr⁻¹ in the form of potassium chloride), broken down into four applications during cultivation during the rainy season. Samples taken from plants of the floor area of 2.25 m² in installments, at the end of the crop cycle a year, been measured, weighed and dried. Submitted the data to the

analysis of variance by F test was used Tukey test at 5% probability. It was observed that for the production of dry matter, but there was no significant effect for the factor genotype (G) and nitrogen interaction and genotype (NG). LW% for DM and were not significant for any source of variation or interaction. The regression model that best fit was the linear effect of 1st degree ($P < 0.05$) decreasing depending on the doses of N and K for the Cuban elephant grass genotype Pinda and quadratic effect for IAC Campinas genotypes and Cameroon with respective determination coefficients of 36.54%, 91.81% and 93.34%. For the characteristic (%DM), it was found that all genotypes showed no regression ($P > 0.05$) for all doses of K within each dose of N. for the characteristic number of tillers found. It was found that the genotype that showed regression was: IAC Campinas in N4 dose, which had a coefficient of determination $R^2 = 83.13\%$ level of significance of 5% by the test "F", and the model that best adjust was the 1st degree. Regarding the height, no adjustment model for the IAC Campinas Cameroon who had no regression, while the Cuban Pinda regressed 1st degree and $R^2 = 56.33\%$, at a dose N1. For stem diameter, no model adjustment to the Cuban Pinda and Cameroon genotypes, which showed no regression, while IAC Campinas showed regression of 2nd degree and $R^2 = 90.0\%$. The genotypes did not respond significantly to the increase of N and K, increased (LW), and the lowest average obtained in N3 dose of 4.08 referent to Cameroon and the highest average of 4.47 and 4.47 in the doses N1 and N3 for genotypes IAC Campinas and Cuban Pinda, respectively. The study of dry matter production showed that at the lowest dose of nitrogen and with increasing potassium intake, dry matter production increased, but nevertheless, as it increased nitrogen levels associated with potassium doses, the dry matter production was not increased, it was suppressed. The results are very promising and ensure the use of the three elephant grass genotypes: Cuban Pinda, IAC Campinas and Cameroon with average production of 52.66; 50.60 and 48.57 t ha⁻¹, respectively, as an alternative source for the production of biomass.

Keywords: *Pennisetum purpureum* Schum, renewable Energy, mineral nutrients and productive capacity.

1. INTRODUÇÃO

As condições climáticas tropicais do Brasil possuem características que facilitam a produção de biomassa, tais como o bagaço de cana, carvão vegetal e lenha. (Quesada, 2005) clima tropical é muito favorável, especialmente às plantas de metabolismo C4, que têm um alto acúmulo de massa vegetal em curto período de tempo, tornando eficiente o aproveitamento da energia solar. Neste contexto, têm as poaceae que se destacam por apresentarem maior produção de massa vegetal em relação a outros vegetais. O capim-elefante é uma poaceae que apresenta grande eficiência na fotossíntese (metabolismo C4), com elevada capacidade de acumulação de matéria seca, podendo ser comparada à cana-de-açúcar. Ele tem apresentado diante das pesquisas realizadas, enormes vantagens em relação às demais fontes de energia. Apresenta grande produtividade em menores extensões de áreas, menor ciclo produtivo com melhor fluxo de caixa, possibilidade de mecanização total, energia renovável, maior assimilação de carbono e aumento da produtividade com aplicações crescentes de nitrogênio e potássio. (Jacques, 1997; Andrade et. al. 2000; Quesada, 2004; Mazzarella, 2007).

O nitrogênio é um dos nutrientes que mais limita o desenvolvimento, e a produção de biomassa da maioria das culturas brasileiras. O manejo adequado dos fertilizantes, principalmente os nitrogenados, considerando a deficiência 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 ele 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 consequente morte de diversos rios.

O aumento na produção de forragem, em resposta à adubação nitrogenada, implica também na aplicação de outros elementos, como potássio e fósforo, além da adoção de práticas adequadas de manejo.

O potássio é o segundo nutriente mineral requerido em maior quantidade pelas espécies vegetais, depois do nitrogênio. Tem alta mobilidade na planta em qualquer concentração, seja dentro da célula, seja no tecido vegetal, no xilema ou no floema. O potássio não é metabolizado na planta e forma ligações com moléculas orgânicas de fácil reversibilidade. Além disso, é o íon mais abundante nas células vegetais (Marschner, 1995).

O potássio, além de ser um elemento de alto custo de importação, sofre grande lixiviação nos solos altamente intemperizados e profundos e, assim, não se acumula de maneira significativa nos solos (Prezotti et al., 1988). É, portanto, um elemento do qual não se esperam, nesses solos, respostas residuais por um período muito longo, devendo sua recomendação de adubação basear-se no conhecimento de seu nível crítico no solo e parcelamento das aplicações.

No melhoramento de plantas, as associações entre as características são importantes, pois possibilitam melhorar vários caracteres simultaneamente. Para atender demandas dos produtores de carvão proveniente de capim-elefante, é intensa a procura por variedades, para produção de biomassa, adaptadas aos diferentes ecossistemas do Estado do Rio de Janeiro. Características como maior velocidade de crescimento, produtividade, eficiência energética, eficiência na utilização de nutrientes, distribuição mais equitativa da produção de matéria seca durante o ano e menos resistência a pragas e doenças, são utilizadas para discriminar os genótipos promissores.

Neste contexto, a pesquisa buscou avaliar os efeitos de diferentes doses de adubação nitrogenada e potássica, sobre as principais características morfoagronômicas de três genótipos de capim-elefante: Cubano Pinda (G1), IAC Campinas (G2) e Cameroon (G3).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização, Delineamento Experimental e Manejo do Experimento

O experimento foi conduzido no Setor de Bovinocultura do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Fluminense - *campus* Bom Jesus do Itabapoana, coordenadas UTM 223877 m E e 7660277 m N, zona 24K, altitude 84 m, com temperatura média anual de 23°C e precipitação média anual em torno de 1480 mm (IBGE, 2015).

O solo foi amostrado na profundidade de 0-20 cm para fazer análise granulométrica e química e apresentou: Areia 55,8%; Silte 13,6% e Argila 30,6%, pH em H₂O = 5,1; P = 3,0 mg dm⁻³; K = 36,0 mg dm⁻³; Na = 0,06 mg dm⁻³; Ca = 2,1 cmol dm⁻³; Mg = 1,3 cmol dm⁻³; Al = 0,1 cmol dm⁻³; H+Al = 1,7 cmol dm⁻³; CTC(t) = 3,7 cmol dm⁻³; CTC(T) = 5,3 cmol dm⁻³; S.B. = 3,6 cmol dm⁻³; V = 68 %; m = 3,0% realizada pelo Laboratório de Física do Solo do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, sendo o solo classificado como Argissolo Vermelho Amarelo (Embrapa, 2013).

A calagem e a adubação química foram realizadas de acordo com a recomendação do Manual de Calagem e Adubação do Estado do Rio de Janeiro (Freire et al., 2013).

O experimento foi instalado no delineamento em blocos casualizados (DBC) em esquema de parcelas subdivididas, com três repetições, com

casualização do fator Genótipo (Cubano Pinda - G1, IAC Campinas - G2 e Cameroon - G3), proveniente do programa de melhoramento genético da UENF, na parcela e o fatorial de N e K na subparcela. Nas subparcelas foram aplicadas quatro doses de adubação nitrogenada (100, 800, 1500 e 2200 kg N ha⁻¹ ano de ureia) e quatro doses de adubação potássica (50, 400, 750 e 1100 kg K₂O ha⁻¹ ano de cloreto de potássio), fracionadas durante o ciclo da cultura em quatro aplicações, durante o período chuvoso (Anexo – I).

A área experimental foi formada por 9 linhas de 54 m cada uma, sendo que 3,0 m das extremidades de cada linha de plantio serviram como bordadura e o espaçamento entre linhas foi de 1,50 m e cada bloco formado por 16 unidades experimentais (parcelas) de 3,0 m de extensão linear. Foram realizados 2 cortes, com intervalo de 365 dias cada. A área útil de 2,25 m² foi obtida, retirando 0,75 m das extremidades de cada parcela, o que sobrou 1,50 m foi multiplicado pelo espaçamento de cada linha. O plantio dos colmos foi disposto em linha nos sulcos, no sistema pé com ponta e posteriormente fizeram-se os cortes dos colmos com aproximadamente 50 a 60 cm de tamanho dentro do sulco de plantio e foram cobertos com 3 cm de solo.

O experimento foi instalado em 02 de outubro de 2012. O corte de uniformização foi feito em 12 de fevereiro de 2013 (decorridos 130 dias do plantio). O 1º corte de avaliação foi realizado em 12 de fevereiro de 2014 (365 dias após o corte de uniformização) e o 2º corte de avaliação foi realizado em 12 de fevereiro de 2015 (365 dias após o 1º corte de avaliação). Foram usadas as médias dos dois cortes para avaliar as características morfoagronômicas.

Para a instalação do experimento foi utilizado o sistema convencional de preparo do solo, com uma aração e duas gradagens. Após as operações de preparo do solo foram abertos sulcos de plantio. A adubação química de plantio para estabelecimento foi efetuada com base nos resultados da análise química e no requerimento nutricional da espécie.

Para o controle de plantas invasoras, foi realizada capina manual com enxada nas entre linhas e nas linhas de cultivo, realizada de acordo com a necessidade da cultura.

2.2. Características Morfoagronômicas Avaliadas

A produção de matéria seca da planta integral (PMS) foi estimada pelo produto do peso da matéria verde das plantas integrais (kg), obtido em balança digital, provenientes de 2,25 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. O valor obtido (kg/m²) foi convertido para t ha⁻¹;

A percentagem de matéria seca da planta integral (%MS) foi estimada em amostras de plantas inteiras extraídas aleatoriamente dentre as plantas cortadas da área útil, e foram 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 & Queiroz (2002). Após a secagem, as amostras foram moídas (1 mm) em moinho tipo Wiley e acondicionadas em frascos. 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 em t ha⁻¹(PMS).

A altura média das plantas (ALT) - expressa em m, medida com régua graduada em cm a partir da base da planta até o ápice das folhas eretas, no momento do corte da amostra para avaliação, baseando-se na altura de cinco plantas da área útil.

O 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 parcela, momentos antes do corte de avaliação.

O diâmetro médio do colmo na base da planta (DC) - expresso em cm, tomado de cinco plantas da área útil da parcela, medido a 10 cm do nível do solo com o uso de paquímetro digital, no momento do corte de avaliação.

A largura da lâmina foliar (LL) – expressa em centímetro (cm) tomada de cinco plantas da área útil da parcela, medida com régua milimetrada no terço médio da lâmina foliar, no momento do corte de avaliação.

A partir dos dados de produção e produtividade, foram feitas as análises das funções de resposta (produção x genótipo e adubação). As características morfoagronômicas avaliadas foram: Produção de Matéria Seca (PMS);

Porcentagem de Matéria Seca (% MS); Número de Perfilhos por Metro (NPPM); Diâmetro Médio do Colmo (DC) expresso em cm; Altura Média das Plantas (ALT) expressa em m e Largura Média da Lâmina Foliar (LL) expressa em cm.

2.3. Análises Estatísticas

As análises foram feitas com auxílio dos programas Genes (Cruz, 2013) e SAEG versão 9.0, da Universidade Federal de Viçosa.

$$Y_{ijkl} = \mu + B_l + G_i + \varepsilon_{(a)} + N_j + G_i N_j + K_k + G_i K_k + N_j K_k + G_i N_j K_k + \varepsilon_{(b)}$$

em que:

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

μ = média geral do experimento;

G_i = efeito do i-ésimo genótipo;

B_l = efeito do l-ésimo bloco;

$\varepsilon_{(a)}$ = 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;

K_k = efeito da k-ésima dose de potássio;

$G_i K_k$ = efeito da interação do i-ésimo genótipo com o k-ésima dose de potássio;

$N_j K_k$ = efeito da interação da j-ésima dose de nitrogênio com k-ésima dose de potássio;

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

$\varepsilon_{(b)}$ = efeito do erro b associado ao i-ésimo genótipo com j-ésima dose de nitrogênio e k-ésima dose de potássio e no l-ésimo bloco. $\varepsilon_{(a)}$ e $\varepsilon_{(b)} \sim \text{NID}(0, \sigma^2 \varepsilon_{a,b})$.

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

FV	GL	QM	F
BI	$(r - 1)$	QMR	
G (a)	$(a - 1)$	QMB	QMG/QMErro (a)
ERRO (A)	$(r - 1)(a - 1)$	QMErro(a)	
PARCELA	$(ar - 1)$		
N(b)	$(b - 1)$	QMN	QMN/QMErro(b)
N*G	$(b - 1)(a - 1)$	QMNG	QMNG/QMErro(b)
K(c)	$(c - 1)$	QMK	QMK/QMErro(b)
K*G	$(c - 1)(a - 1)$	QMKG	QMKG/QMErro(b)
K*N	$(c - 1)(b - 1)$	QMKN	QMKN/QMErro(b)
K*N*G	$(c - 1)(a - 1)(b - 1)$	QMKNG	QMKNG/QMErro(b)
Erro (B)	$(abc - ab)(r - 1)$	QMErro (b)	

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Condições Climáticas

Os dados meteorológicos referentes à precipitação pluviométrica mensal, à temperatura e à evaporação, registrados no período de 12 fevereiro de 2013 a 12 de fevereiro de 2015, no IFF - *campus* Bom Jesus do Itabapoana, no Noroeste Fluminense - RJ, encontram-se na Tabela 2. Observou que durante o período de avaliação, foi registrado uma média de 1380,85 mm de precipitação pluviométrica, dentro do 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. Porém, considerando o período que vai de maio a outubro, a precipitação ficaria abaixo do mínimo estabelecido por Rodrigues et al. (1975), que seria crítico para o desenvolvimento da cultura, proporcionando uma menor produção de matéria seca.

Durante o crescimento das plantas, estas sofreram um estresse hídrico no período crítico de estiagem registrado no período de maio a outubro de 2013 e 2014, respectivamente, totalizando seis meses para cada ano, com a precipitação total de 318,2 e 207,2 mm, respectivamente. Esse período de seis meses corresponde à metade do ciclo de cultivo do capim-elefante, que provavelmente pode influenciar na produção de matéria seca, já que todos os aspectos ligados ao crescimento da planta são afetados pelo estresse hídrico.

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 da resposta das plantas forrageiras 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 das plantas durante esse período (Araújo et al., 2006).

Tabela 2: Volume pluviométrico (Pe), temperatura (°C), evapotranspiração potencial diária (ETP) registrados no período de 12 fevereiro de 2013 a 12 de fevereiro de 2015 no Município de Bom Jesus do Itabapoana – RJ.

Mês/Ano	Nº de dias	Pe (mm)	Temperatura (°C)			ETP (mm)
			Máx.	Med.	Min.	
02/13	16	5,60	34,62	29,10	21,59	4,30
03/13	31	297,60	30,79	26,35	21,91	3,38
04/13	30	317,60	28,67	24,03	19,40	3,26
05/13	31	48,60	28,26	22,83	17,41	3,44
06/13	30	96,60	28,06	22,82	17,59	3,38
07/13	31	15,60	27,29	21,81	16,33	3,36
08/13	31	35,00	28,83	22,36	15,89	3,72
09/13	30	85,00	29,51	23,54	17,58	3,68
10/13	31	37,40	29,35	24,14	18,94	3,48
11/13	30	244,60	30,32	25,22	20,12	3,52
12/13	31	412,40	30,57	26,15	21,73	3,35
01/14	31	38,40	34,20	27,98	21,77	4,18
02/14	28	17,60	34,89	28,28	21,67	4,35
03/14	31	117,20	32,66	27,13	21,60	3,86
04/14	30	198,50	30,59	25,45	20,31	3,57
05/14	31	17,60	28,36	23,11	17,87	3,41
06/14	30	60,60	28,08	22,56	17,03	3,44
07/14	31	39,60	26,02	21,47	16,93	3,02
08/14	31	9,40	28,31	22,02	15,73	3,60
09/14	30	22,60	31,32	24,38	17,44	4,05
10/14	31	57,40	30,97	24,52	18,08	3,86
11/14	30	305,20	30,75	25,55	20,35	3,58
12/14	31	153,20	32,87	27,21	21,55	3,92
01/15	31	5,40	37,19	26,91	22,62	4,71
02/15	12	55,20	36,15	29,46	22,77	4,47

Fonte: Estação Climatológica do IFF- *campus* Bom Jesus do Itabapoana.

3.2. Análise de Variância

Os fatores e as interações apresentaram efeito significativo ($P < 0,05$) para PMS, já para %MS e LL não houve efeito significativo ($P > 0,05$) para nenhum fator ou interações, indicando independência entre os fatores. Para o fator genótipo não houve efeito para nenhuma característica estudada (Tabela 3).

Para as fontes de variação do fator nitrogênio e das interações potássio e nitrogênio (KN); potássio, nitrogênio e genótipo (KNG), houve efeito significativo ($P < 0,05$), para as características PMS, NPPM e ALT. Entretanto, houve efeito altamente significativo ($P < 0,01$) nas fontes de variação do fator, nitrogênio, potássio e das interações potássio e genótipo e para a interação tripla potássio, nitrogênio e genótipo para as características morfoagronômicas PMS, NPPM e DC. Assim, observou-se que o efeito da adubação nitrogenada, não influenciou %MS, NPPM, DC e LL e da adubação potássica não influenciou a %MS, ALT e LL 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 baixos e médios. Segundo Fonseca & 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 (Cubano Pinda - G1, IAC Campinas - G2 e Cameronn - G3) em função das doses de adubação nitrogenada (100, 800, 1500 e 2200 Kg ha⁻¹ de N) e potássica (50, 400, 750 e 1100 Kg ha⁻¹ de K₂O), Bom Jesus do Itabapoana - RJ, 2013 e 2014.

FV	GL	QUADRADO MÉDIO (QM)					
		PMS	%MS	NPPM	ALT.	DC	LL
BLOCO	2	449,15	30,58	136,42	0,73	0,14	1,23
G	2	200,35 ^{ns}	24,39 ^{ns}	58,34 ^{ns}	0,76 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,55 ^{ns}
ERRO(a)	4	364,32	16,67	163,18	0,61	0,55	0,19
(Parcela)	8						
N	3	426,66 ^{**}	3,19 ^{ns}	26,49 ^{ns}	0,11 [*]	0,23 ^{ns}	0,84 ^{ns}
N*G	6	63,48 ^{ns}	3,94 ^{ns}	12,29 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,95 ^{ns}
(Subparcela)	17						
K	3	1070,13 ^{**}	1,15 ^{ns}	130,39 ^{**}	0,27 ^{ns}	0,22 ^{**}	0,57 ^{ns}
K*G	6	177,64 ^{**}	2,41 ^{ns}	33,81 ^{**}	0,16 ^{ns}	0,16 ^{**}	0,13 ^{ns}
K*N	9	92,54 [*]	3,88 ^{ns}	11,62 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,47 ^{ns}
K*N*G	18	115,83 ^{**}	2,65 ^{ns}	23,34 [*]	0,30 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,49 ^{ns}
ERRO(b)	90	43,56	3,12	10,99	0,27	0,54	0,80
Média geral		50,61	33,21	24,59	3,04	1,45	4,32
CV (%)		13,04	5,32	13,48	5,48	5,05	6,56

(**, * 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 centímetros = 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 dos genótipos dentro das diferentes doses de N e K para cada uma das características morfoagronômicas avaliadas

Para as características morfoagronômicas avaliadas, PMS, %MS, ALT e LL especificados na Tabela 4, diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade em doses específicas de N e K. Já para as características NPPM e DC não diferiram estatisticamente.

Para a característica PMS, houve efeito significativo pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade, nas doses N2K1 para o genótipo G1 e também na dose N4K2 para o genótipo G2. Para a característica %MS houve efeito para o genótipo G2 na dose N3K4 e também para ALT e LL nas doses K4N4, respectivamente.

Os genótipos (G1, G2 e G3) avaliados apresentaram estimativas elevadas de PMS, com a menor dosagem de N e K, com valores de 48,77; 46,06 e 52,08 t ha⁻¹, respectivamente, diferente das obtidas por Rossi (2010), por ter produções para os genótipos, Cubano Pinda, IAC Campinas e Cameroon, de 37,34; 25,67 e 24,71 t ha⁻¹, respectivamente, em um período de 10 meses e com uma adubação de 25 kg ha⁻¹ de Sulfato de Amônio e Cloreto de Potássio.

Com a menor adubação de nitrogênio de 100 kg ha⁻¹ e com doses crescentes de potássio, todos os genótipos expressaram uma produção elevada, embora não tenham ocorrido diferenças estatísticas entre as doses. Diferentemente aconteceu com as interações crescentes das doses de N e K onde a produção não foi aumentada, porém houve diferença estatística com a interação N2K1 e N4K2. Sendo assim, com aumento da adubação nitrogenada e potássica não proporcionou um maior incremento na produção de matéria seca (Tabela 4).

A produção de matéria seca do genótipo Cubano Pinda obtida de 42,25 t ha⁻¹ ano⁻¹, na dose de 2200 kg ha⁻¹ de N, corrobora da obtida por Santos et al. 2014, com a cv. 'Cameroon-Piracicaba' obtida de 38,7 t ha⁻¹ no corte 2 (300 dias), na dose de 1000 kg ha⁻¹ de N em Alegre - ES, e também da obtida por Oliveira et al. 2015, em dois cortes totalizando uma produção de 27,25 t ha⁻¹ ano⁻¹, na dose de 1000 kg ha⁻¹ de N, em Campos dos Goytacazes, RJ.

Tabela 4: Valores médios das características morfoagronômicas avaliadas em três genótipos de capim-elefante (Cubano Pinda – G1, IAC Campinas – G2 e Cameroon – G3) sob diferentes doses de nitrogênio (N1 = 100, N2 = 800, N3 = 1500 e N4 = 2200 Kg ha⁻¹ de N) e potássio (K1 = 50, K2 = 400, K3 = 750 e K4 = 1100 Kg ha⁻¹ de K₂O) em um intervalo de tempo de dois anos para fins energéticos, Bom Jesus do Itabapoana - RJ, 2013 e 2014.

Doses de K Kg ha ⁻¹	GEN	Características Morfoagronômicas (PMS)			
		Doses de N Kg ha ⁻¹			
		N1	N2	N3	N4
K1	G1	48,77 a	54,95 a	35,78 a	42,25 a
	G2	46,06 a	44,60 ab	42,92 a	41,37 a
	G3	52,08 a	41,71 b	44,47 a	44,94 a
K2	G1	58,58 a	50,16a	44,62 a	48,50 ab
	G2	47,05 a	40,32 a	42,87 a	58,06 a
	G3	57,80 a	53,60 a	52,79 a	41,05 b
K3	G1	58,50 a	40,81 a	51,57 a	51,47 a
	G2	50,71 a	48,26 a	55,17 a	54,99 a
	G3	48,62 a	42,55 a	50,65 a	43,69 a
K4	G1	72,95 a	53,75 a	69,46 a	60,42 a
	G2	70,62 a	63,77 a	50,60 a	52,26 a
	G3	57,15 a	46,19 a	51,28 a	48,59 a
Doses de K Kg ha ⁻¹	GEN	Características Morfoagronômicas (%MS)			
		Doses de N Kg ha ⁻¹			
		N1	N2	N3	N4
K1	G1	32,22 a	31,05 a	33,04 a	33,53 a
	G2	33,52 a	34,42 a	33,16 a	32,69 a
	G3	33,03 a	33,47 a	32,89 a	34,30 a
K2	G1	31,58 a	32,10 a	32,01 a	32,75 a
	G2	33,59 a	33,42 a	32,90 a	33,93 a
	G3	33,44 a	33,24 a	33,51 a	33,97 a
K3	G1	32,63 a	32,38 a	31,11 a	35,17 a
	G2	33,70 a	34,09 a	32,78 a	34,11 a
	G3	34,11 a	33,14 a	33,25 a	34,83 a
K4	G1	32,56 a	31,74 a	33,16 b	31,55 a
	G2	34,74 a	33,76 a	37,32 a	32,36 a
	G3	33,76 a	32,27 a	31,66 b	34,14 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.

Tabela. 4 Cont.

Doses de K Kg ha ⁻¹	GEN	Características Morfoagronômicas (NPPM)			
		Doses de N Kg ha ⁻¹			
		N1	N2	N3	N4
K1	G1	23,05 a	23,22 a	21,16 a	20,83 a
	G2	23,39 a	23,94 a	24,03 a	21,66 a
	G3	25,47 a	23,80 a	22,58 a	22,13 a
K2	G1	22,75 a	21,66 a	20,52 a	22,11 a
	G2	22,27 a	22,77 a	21,19 a	27,91 a
	G3	22,52 a	26,13 a	22,94 a	24,27 a
K3	G1	28,64 a	24,61 a	22,39 a	24,66 a
	G2	24,75 a	30,27 a	26,86 a	28,44 a
	G3	25,69 a	21,72 a	25,42 a	22,47 a
K4	G1	30,53 a	24,58 a	29,28 a	26,97 a
	G2	33,16 a	33,94 a	25,41 a	23,42 a
	G3	23,77 a	23,66 a	20,69 a	26,70 a
Doses de K Kg ha ⁻¹	GEN	Características Morfoagronômicas (ALT)			
		Doses de N Kg ha ⁻¹			
		N1	N2	N3	N4
K1	G1	2,95 a	2,79 a	3,17 a	3,19 a
	G2	3,08 a	2,92 a	3,03 a	2,99 a
	G3	2,95 a	3,05 a	3,02 a	2,95 a
K2	G1	3,08 a	2,99 a	3,22 a	3,05 a
	G2	3,08 a	3,04 a	3,06 a	3,12 a
	G3	2,97 a	3,01 a	3,20 a	2,87 a
K3	G1	3,01 a	2,82 a	3,18 a	3,07 a
	G2	3,05 a	2,96 a	3,22 a	2,95 a
	G3	3,00 a	2,98 a	3,08 a	2,98 a
K4	G1	3,25 a	3,18 a	2,94 a	3,15 ab
	G2	3,05 a	3,05 a	3,15 a	3,19 a
	G3	3,03 a	2,93 a	3,03 a	2,86 b

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.

Tabela 4. Cont.

Doses de K Kg ha ⁻¹	GEN	Características Morfoagronômicas (DC)			
		Doses de N Kg ha ⁻¹			
		N1	N2	N3	N4
K1	G1	1,37 a	1,33 a	1,34 a	1,38 a
	G2	1,41 a	1,45 a	1,37 a	1,45 a
	G3	1,50 a	1,45 a	1,48 a	1,47 a
K2	G1	1,48 a	1,43 a	1,42 a	1,43 a
	G2	1,51 a	1,47 a	1,50 a	1,48 a
	G3	1,47 a	1,45 a	1,49 a	1,42 a
K3	G1	1,44 a	1,42 a	1,49 a	1,46 a
	G2	1,40 a	1,49 a	1,53 a	1,38 a
	G3	1,52 a	1,46 a	1,44 a	1,45 a
K4	G1	1,42 a	1,48 a	1,45 a	1,43 a
	G2	1,50 a	1,47 a	1,54 a	1,62 a
	G3	1,48 a	1,41 a	1,46 a	1,44 a
Doses de K Kg ha ⁻¹	GEN	Características Morfoagronômicas (LL)			
		Doses de N Kg ha ⁻¹			
		N1	N2	N3	N4
K1	G1	4,35 a	4,28 a	4,27 a	4,32 a
	G2	4,71 a	4,12 a	4,30 a	4,53 a
	G3	4,14 a	4,17 a	3,96 a	4,28 a
K2	G1	4,43 a	4,28 a	4,12 a	4,15 a
	G2	4,52 a	4,32 a	4,46 a	4,58 a
	G3	4,26 a	4,40 a	4,58 a	4,30 a
K3	G1	4,59 a	4,25 a	4,36 a	4,39 a
	G2	4,37 a	4,24 a	4,42 a	4,19 a
	G3	4,05 a	4,22 a	4,20 a	4,23 a
K4	G1	4,40 a	4,25 a	4,41 a	4,12 b
	G2	4,44 a	4,42 a	4,61 a	4,75 a
	G3	4,18 a	4,11 a	4,39 a	4,09 b

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.

O estudo da produção de matéria seca mostrou que em condição de baixa dose de nitrogênio e com o incremento das doses de potássio a produção de matéria seca aumentou, mas, no entanto, à medida que se aumentou a dose de

nitrogênio associada às doses de potássio a produção não foi incrementada, foi suprimida. Mesmo não havendo efeito marcante na produção de matéria seca com aplicação dos nutrientes, os resultados confirmam a observação feita por Monteiro et al. (1980), que na utilização do adubo nitrogenado é necessário o suprimento de potássio, para que não haja limitação do efeito do nitrogênio. Moraes et al. (2009), trabalhando com seis genótipos de capim-elefante e com uma dose de nitrogênio de 50 kg ha^{-1} , em três ciclos de cultivo, cada um com seis meses, totalizando 18 meses, não verificaram efeito significativo, corroborando com esse trabalho que com as doses de nitrogênio não foi observada diferença estatística significativa.

Pode-se observar que os genótipos, 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 e potássio utilizadas, demonstrando que são altamente produtivos. A produção média de matéria seca do genótipo Cameroon de $48,57 \text{ t ha}^{-1}$, obtida foi superior da obtida por Santos (2013), com um intervalo de corte de 300 dias, este obteve um total de $30,82 \text{ t ha}^{-1}$ utilizando uma dose 1000 kg ha^{-1} de N. E também do resultado de Rossi (2010), com uma produção para o genótipo Cameroon, de $24,71 \text{ t ha}^{-1}$, em um período de 10 meses e com uma adubação de 25 kg ha^{-1} de Sulfato de Amônio e Cloreto de Potássio. E também de Moraes et al. (2009), que obtiveram em Ponta Ubú, Anchieta-ES, para o mesmo genótipo $8,17 \text{ t ha}^{-1}$ no 3º ciclo em 18 meses de cultivo, utilizando a adubação nitrogenada inferior. Botrel et al. (2000), estudando novos clones de capim-elefante, dentre eles Cameroon, encontraram produtividade média anual de $31 \text{ t ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$.

Durante a época de crescimento das plantas, ocorreu um período de baixa precipitação pluviométrica para os dois ciclos de cultivo de maio a outubro (Tabela 2), evidenciando que os três genótipos apresentam uma boa produção de matéria, mesmos em condições de estresse hídrico.

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 dos genótipos Cubano Pinda, IAC Campinas e Cameroon, foi superior quando comparado com a produção obtida por Oliveira (2013) e Rossi (2010) com intervalo de corte de seis e dez

meses, respectivamente, em uma dosagem inferior de nitrogênio em Campos dos Goytacazes - RJ.

O genótipo Cameroon embora tenha uma produção inferior aos genótipos Cubano Pinda e IAC Campinas, proporcionou uma produção média de matéria seca de $48,57 \text{ t ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ (Tabela 4), resultado semelhante ao encontrado por Moraes et al. (2009) com uma produção média de $44,7 \text{ kg ha}^{-1}$, com ciclo de cultivo de 18 meses, na dose de 50 kg ha^{-1} de N com o genótipo Cameroon.

A média geral da característica percentagem de matéria seca (%MS) dos genótipos foi de 33,21% (Tabela 4), sendo que o menor valor obtido de 31,05 % referiu-se ao genótipo Cubano Pinda com uma dose 800 Kg ha^{-1} de N e 50 Kg ha^{-1} de K, e o maior valor de 37,32 % para o genótipo IAC Campinas na dose de 1500 kg ha^{-1} de N e 1100 Kg ha^{-1} de K. Esse percentual de matéria seca corrobora com, Rossi (2010) utilizando uma adubação inferior de nitrogênio, em um período de 10 meses, obteve uma porcentagem de matéria seca para os genótipos, Cubano Pinda, IAC Campinas e Cameroon de 35,85; 34,73 e 31,90%, respectivamente, diferindo dos resultados obtidos por Santos (2013), com uma média geral de 24,72%, sendo o menor valor obtido de 23,22% referente à Cameroon 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 com um intervalo de corte de 180 dias. Também, com os dados de Souza Sobrinho et al. (2005), que encontraram uma média de 24,47% com intervalos de corte menores que 100 dias.

Santos et al. (2001) e Santos (2013), avaliando a composição química do capim-elefante cv. Roxo, Guaçu/IZ.2, Cameroon e Cana D'África encontraram %MS média de 19,7% e 24,72%, respectivamente, enquanto que neste trabalho foi encontrado para os três genótipos uma média de 33,21% (Tabela 4). Os teores de matéria seca observados, comparados com os resultados encontrados por Santos et al. (2001), Santos (2013) e Souza Sobrinho et al. (2005), confirmam que há um incremento de matéria seca quando se aumenta o intervalo de corte.

Para o número de perfilhos (NPPM), os genótipos não diferiram estatisticamente com as diferentes doses de N e K. A média geral da característica número de perfilhos (NPPM) dos genótipos foi de 24,59 (Tabela 4), sendo que o menor valor obtido foi de 20,52, referente ao genótipo Cubano Pinda com uma dose 1500 Kg ha^{-1} de N e 400 Kg ha^{-1} de K, e o maior valor de 33,94, para o genótipo IAC Campinas na dose de 800 kg ha^{-1} de N e 1100 Kg ha^{-1} de K.

Os genótipos tiveram um perfilhamento elevado com as menores doses de N e K, demonstrando uma possível tendência de que dosagens elevadas não proporcionaram aumento no número de perfilhos.

Os valores médios obtidos de NPPM foram semelhantes aos de Santos et al. (2014), que obtiveram para as cvs. 'Guaçu/IZ.2', 'Cameroon-Piracicaba' e 'Cana D'África', no 2º corte os respectivos valores 28,43; 23,00 e 30,58, em um intervalo de corte de 10 meses utilizando uma dose inferior de 1000 Kg ha⁻¹ de N e dos valores médios obtidos por Oliveira et al. 2013, pois as cvs. 'Guaçu/ IZ.2', 'Cameroon-Piracicaba', 'Cana D'África' e Cubano Pinada apresentaram 28; 28; 23 e 24 NPPM, respectivamente, em um intervalo de seis meses também usando dosagem menor de adubação nitrogenada. Segundo Silva et al. (2010) e Daher et al. (2014), as características número de perfilhos basais e aéreos por metro apresentaram alta herdabilidade, evidenciando pouca ou nenhuma influência do ambiente na variabilidade entre os genótipos estudados. A maior produtividade coincide com o maior número de perfilhos por área e da altura da planta.

Com relação à altura (ALT), somente o genótipo IAC Campinas diferiu estatisticamente dos demais, sobressaindo em relação ao Cubano Pinda e Cameroon na dose de N4K4 utilizada, com o respectivo valor 3,19 (Tabela 4). A altura do genótipo, Cameroon oscilou negativamente com as doses crescentes de nitrogênio e potássio, portanto a adubação pode ter suprimido a altura desse genótipo, mesmo sabendo que essa característica possivelmente é do fator genético.

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 et al. (2013) verificaram, altura média dos genótipos igual a 1,88 m com ciclo de 6 meses. Nesse estudo foi encontrada altura média de 3,02 m, com ciclo de 12 meses. Segundo Xia et al. (2010), esta variável é correlacionada positivamente com a produtividade.

Analisando os valores do diâmetro do colmo (DC), a média geral dos genótipos foi de 1,45 cm (Tabela 4), sendo o menor valor de 1,33 cm para o genótipo Cubano Pinda na dose de 800 kg ha⁻¹ de N com a dose de 50 Kg ha⁻¹ de K, e o genótipo IAC Campinas com maior valor de 1,62 cm com a dose de 2200 kg ha⁻¹ de N e 1100 Kg ha⁻¹ de K. Santos (2013) obteve, para o genótipo

Cameroon valores mais elevados de, 1,80; 1,86; 1,82; 1,92 e 1,79 cm nas doses 0, 500, 1000, 1500 e 2000 kg ha⁻¹ de N, respectivamente, e para o genótipo Cana D'África o menor valor de 1,52 cm, foi manifestado na dose de 500 kg ha⁻¹ de N.

No entanto, há relação do diâmetro do colmo com a produção de matéria seca, pode-se observar que a maior produção de matéria seca ocorreu com os genótipos, Cubano Pinda e IAC Campinas com as menores doses de N e K. Portanto, esse comportamento pode não estar diretamente ligado com o efeito da adubação nitrogenada e potássica, e sim com as condições ambientais e o manejo de cortes ideais ao bom desempenho dessas cultivares, 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).

Para a característica largura da lâmina (LL), houve efeito significativo para o genótipo IAC Campinas que apresentou valor médio de 4,75 cm na dose de 2200 kg ha⁻¹ de N e 1100 Kg ha⁻¹ de K, e os genótipos, Cubano Pinda e Cameroon por terem apresentado menor largura de lâmina cujos valores foram de 4,12 e 4,09 cm, respectivamente (Tabela 4). O genótipo IAC Campinas, respondeu positivamente com a dose de 1100 Kg ha⁻¹ de K e ao incremento de N. Santos (2013), com um intervalo de conte de 180 dias encontrou largura de lâmina de 6,16 cm na dose de 1500 kg ha⁻¹ de N, mostrando que o intervalo de corte pode influenciar na largura das folhas do capim-elefante.

3.3. Análise de Regressão para as características morfoagronômicas de três genótipos de Capim-Elefante

Para obtenção dos aspectos dos modelos biométricos de regressão e de análise de variância de regressão, estão representados nas Tabelas 5 e 6, e nas Figuras de 1 a 4, e mostram as estimativas de quadrados médios para as fontes de variação devido à regressão e aos desvios e os gráficos de regressão respectivamente para os três genótipos de capim-elefante.

As estimativas para os modelos lineares de 1º e 2º graus aplicados aos valores médios de dois anos de produção de matéria seca (PMS) envolvendo três genótipos de capim-elefante encontram-se nas Tabelas 5 e 6. Observou-se um efeito linear de 1º grau significativo em função das doses de K dentro de N1 para o genótipo Cubano Pinda ($\hat{y} = 51,79 - 5,5 \cdot 10^{-3}K^*$) e efeito linear de 2º grau dentro de N4 e N2 para os genótipos IAC Campinas ($\hat{y} = 73,60 - 0,1973K^* + 4,34 \cdot 10^{-5}K^{2*}$) e Cameroon ($\hat{y} = 56,97 + 1,5 \cdot 10^{-3}K^{ns} - 3,8 \cdot 10^{-5}K^{2ns}$), com o respectivos coeficientes de determinação de 36,54 %, 91,81 % e 93,34 %, respectivamente.

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. Santos (2013) encontrou em três cultivares de capim-elefante (Guaçu/IZ.2, Cameroon-Piracicaba e Cana D'África) e três ciclos de corte, sob duas doses de adubação nitrogenada (500 e 1000 Kg ha⁻¹ de N), média de 26,74 t ha⁻¹. Quesada (2005) obteve 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 nove clones de capim-elefante, dentre eles Cameroon, encontraram produtividade média anual de 31 t ha⁻¹ano⁻¹ de MS. Morais et al. (2009), encontraram em 18 meses de cultivo, valor de 44,7 t ha⁻¹ de MS, em genótipo Cameroon com aplicação de 50 kg ha⁻¹ de nitrogênio. 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 potencializam o uso do capim-elefante como fonte alternativa de energia pela combustão direta da biomassa.

Tabela 5: Estimativas de quadrados médios para as fontes de variação devido à regressão e aos desvios de regressão para os modelos lineares de 1º e 2º grau para as características morfoagronômicas de três genótipos (Cubano Pinda - G1, IAC Campinas - G2 e Cameroon – G3) sob 4 doses de nitrogênio e 4 doses de potássio e dois anos de cultivo, Bom Jesus do Itabapoana - RJ, 2013 e 2014.

GEN	Doses de N	QMRegressão da PMS							
		GL	1º grau	R ² (%)	GL	2º grau	R ² (%)	Modelo	
G ₁	N1	Reg	1	224,65*	36,53	2	112,36*	36,54	1
		Desvios	2	195,10*		1	390,15**		
		Resíduo	22	35,27		22	35,27		
	N2	Reg	1	192,03 ^{ns}	61,49	2	152,93 ^{ns}	97,94	Ausência
		Desvios	2	60,26 ^{ns}		1	6,41 ^{ns}		
		Resíduo	22	53,19		22	53,19		
	N3	Reg	1	15,91 ^{ns}	3,31	2	123,85 ^{ns}	51,67	Ausência
		Desvios	2	231,73 ^{ns}		1	231,67 ^{ns}		
		Resíduo	22	47,08		22	47,08		
	N4	Reg	1	71,61 ^{ns}	10,48	2	74,59 ^{ns}	21,84	Ausência
		Desvios	2	305,64 ^{ns}		1	533,71 ^{ns}		
		Resíduo	22	305,64		22	101,35		
	Reg	1	1898,21*	81,88	2	1958,16*	91,29	1	
	Desvios	2	209,90*		1	201,70 ^{ns}			
	Resíduo	99	67,96		99	57,76			
GEN	Doses de N	QMRegressão da PMS							
		GL	1º grau	R ² (%)	GL	2º grau	R ² (%)	Modelo	
G ₂	N1	Reg	1	37,35 ^{ns}	99,93	2	18,67 ^{ns}	99,95	Ausência
		Desvios	2	0,01 ^{ns}		1	0,01 ^{ns}		
		Resíduo	22	35,27		22	35,27		
	N2	Reg	1	189,99 ^{ns}	34,39	2	275,34 ^{ns}	99,69	Ausência
		Desvios	2	181,17 ^{ns}		1	1,66 ^{ns}		
		Resíduo	22	35,27		22	53,19		
	N3	Reg	1	58,45 ^{ns}	56,90	2	31,14 ^{ns}	60,62	Ausência
		Desvios	2	22,13 ^{ns}		1	40,44 ^{ns}		
		Resíduo	22	47,08		22	47,08		
	N4	Reg	1	698,70*	85,19	2	376,51*	91,81	2
		Desvios	2	60,70 ^{ns}		1	67,09 ^{ns}		
		Resíduo	22	101,35		22	101,35		
	Reg	1	1617,52*	99,99	2	829,23*	97,53	2	
	Desvios	2	20,45 ^{ns}		1	0,0007 ^{ns}			
	Resíduo	99	57,76		99	57,76			
GEN	Doses de N	QMRegressão da PMS							
		GL	1º grau	R ² (%)	GL	2º grau	R ² (%)	Modelo	
G ₃	N1	Reg	1	52,39 ^{ns}	29,70	2	70,344 ^{ns}	79,75	Ausência
		Desvios	2	62,00 ^{ns}		1	35,71 ^{ns}		
		Resíduo	22	35,27		22	35,27		
	N2	Reg	1	391,37*	84,17	2	217,01*	93,34	2
		Desvios	2	36,78 ^{ns}		1	30,93 ^{ns}		
		Resíduo	22	53,19		22	53,19		
	N3	Reg	1	6,73 ^{ns}	4,97	2	3,67 ^{ns}	5,42	Ausência
		Desvios	2	64,25 ^{ns}		1	127,89 ^{ns}		
		Resíduo	22	47,08		22	47,08		
	N4	Reg	1	63,65 ^{ns}	31,86	2	57,41 ^{ns}	57,47	Ausência
		Desvios	2	68,06 ^{ns}		1	84,96 ^{ns}		
		Resíduo	22	101,35		22	101,35		
	Reg	1	60,85 ^{ns}	20,30	2	32,20 ^{ns}	21,48	Ausência	
	Desvios	2	119,43 ^{ns}		1	235,32 ^{ns}			
	Resíduo	99	57,76		99	57,76			

(**, * 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. Cont.

GEN	Doses de N	QMRegressão da %MS						
		GL	1º grau	R ² (%)	GL	2º grau	R ² (%)	Modelo
G ₁	N1	Reg	1	5,25 ^{ns}		2	3,66 ^{ns}	
		Desvios	2	2,66 ^{ns}	49,21	1	3,25 ^{ns}	69,21
		Resíduo	22	4,90			4,90	
	N2	Reg	1	1,77 ^{ns}		2	0,90 ^{ns}	
		Desvios	2	0,18 ^{ns}	82,94	1	0,31 ^{ns}	84,64
		Resíduo	22	3,12			3,12	
	N3	Reg	1	0,04 ^{ns}		2	9,98 ^{ns}	
		Desvios	2	0,08 ^{ns}	23,44	1	6,06 ^{ns}	76,70
		Resíduo	22	0,03			3,73	
	N4	Reg	1	0,38 ^{ns}		2	0,42 ^{ns}	
		Desvios	2	2,31 ^{ns}	7,74	1	4,16 ^{ns}	17,05
		Resíduo	22	3,14			1,14	
		Reg	1	0,01 ^{ns}		2	0,07 ^{ns}	
		Desvios	2	1,73 ^{ns}	0,15	1	3,31 ^{ns}	4,58
		Resíduo	99	3,21			3,21	
GEN	Doses de N	QMRegressão da %MS						
		GL	1º grau	R ² (%)	GL	2º grau	R ² (%)	Modelo
G ₂	N1	Reg	1	2,07 ^{ns}		2	1,73 ^{ns}	
		Desvios	2	1,35 ^{ns}	43,45	1	1,31 ^{ns}	72,43
		Resíduo	22	4,90			4,90	
	N2	Reg	1	0,03 ^{ns}		2	0,55 ^{ns}	
		Desvios	2	0,81 ^{ns}	2,26	1	0,54 ^{ns}	67,35
		Resíduo	22	3,12			3,12	
	N3	Reg	1	0,002 ^{ns}		2	0,33 ^{ns}	
		Desvios	2	1,73 ^{ns}	0,006	1	2,79 ^{ns}	19,14
		Resíduo	22	3,73			3,73	
	N4	Reg	1	1,91 ^{ns}		2	6,92 ^{ns}	
		Desvios	2	18,82 ^{ns}	4,48	1	25,70 ^{ns}	35,01
		Resíduo	22	3,14			3,14	
		Reg	1	7,38 ^{ns}		2	4,81 ^{ns}	
		Desvios	2	1,18 ^{ns}	75,75	1	0,12 ^{ns}	98,72
		Resíduo	99	3,21			3,21	
GEN	Doses de N	QMRegressão da %MS						
		GL	1º grau	R ² (%)	GL	2º grau	R ² (%)	Modelo
G ₃	N1	Reg	1	1,56 ^{ns}		2	1,13 ^{ns}	
		Desvios	2	1,03 ^{ns}	14,67	1	1,35 ^{ns}	0,12
		Resíduo	22	4,90			4,90	
	N2	Reg	1	0,51 ^{ns}		2	0,42 ^{ns}	
		Desvios	2	0,17 ^{ns}	39,59	1	0,009 ^{ns}	96,70
		Resíduo	22	3,12			3,12	
	N3	Reg	1	0,77 ^{ns}		2	2,86 ^{ns}	
		Desvios	2	2,48 ^{ns}	0,29	1	0,02 ^{ns}	98,70
		Resíduo	22	3,73			3,73	
	N4	Reg	1	0,04 ^{ns}		2	5,93 ^{ns}	
		Desvios	2	6,27 ^{ns}	0,49	1	0,73 ^{ns}	82,54
		Resíduo	22	3,14			3,14	
		Reg	1	0,72 ^{ns}		2	1,86 ^{ns}	
		Desvios	2	2,03 ^{ns}	15,08	1	1,07 ^{ns}	77,60
		Resíduo	99	3,21			3,21	

(**, * 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. Cont.

GEN	Doses de N	QMRegressão da NPPM							
		GL	1º grau	R ² (%)	GL	2º grau	R ² (%)	Modelo	
G ₁	N1	Reg	1	11,45 ^{ns}	82,13	2	5,82 ^{ns}	83,47	Ausência
		Desvios	2	1,24 ^{ns}		1	2,30 ^{ns}		
		Resíduo	22	8,01			8,01		
	N2	Reg	1	1,39 ^{ns}	17,71	2	3,37 ^{ns}	85,59	Ausência
		Desvios	2	3,24 ^{ns}		1	1,13 ^{ns}		
		Resíduo	22	9,44			9,44		
	N3	Reg	1	30,07 ^{ns}	49,36	2	29,92 ^{ns}	98,23	Ausência
		Desvios	2	14,42 ^{ns}		1	1,07 ^{ns}		
		Resíduo	22	20,68			20,68		
	N4	Reg	1	5,36 ^{ns}	8,64	2	7,65 ^{ns}	24,64	Ausência
		Desvios	2	28,35 ^{ns}		1	46,78 ^{ns}		
		Resíduo	22	33,14			33,14		
		Reg	1	255,29 ^{**}	86,82	2	141,80 ^{**}	96,45	1
		Desvios	2	19,36 ^{ns}		1	10,41 ^{ns}		
		Resíduo	99	13,23			13,23		
GEN	Doses de N	QMRegressão da NPPM							
		GL	1º grau	R ² (%)	GL	2º grau	R ² (%)	Modelo	
G ₂	N1	Reg	1	3,85 ^{ns}	35,69	2	5,10 ^{ns}	94,49	Ausência
		Desvios	2	3,47 ^{ns}		1	0,59 ^{ns}		
		Resíduo	22	8,01			8,01		
	N2	Reg	1	35,29 ^{ns}	73,86	2	32,15 ^{ns}	79,91	Ausência
		Desvios	2	22,58 ^{ns}		1	16,16 ^{ns}		
		Resíduo	22	9,44			9,44		
	N3	Reg	1	8,84 ^{ns}	17,79	2	10,24 ^{ns}	41,20	Ausência
		Desvios	2	20,43 ^{ns}		1	29,23 ^{ns}		
		Resíduo	22	20,68			20,68		
	N4	Reg	1	214,09 [*]	83,13	2	109,94 ^{ns}	85,38	1
		Desvios	2	21,71 ^{ns}		1	37,63 ^{ns}		
		Resíduo	22	33,14			33,14		
		Reg	1	270,49 ^{**}	90,52	2	137,12 ^{**}	91,78	1
		Desvios	2	14,15 ^{ns}		1	24,55 ^{ns}		
		Resíduo	99	13,23			13,23		
GEN	Doses de N	QMRegressão da NPPM							
		GL	1º grau	R ² (%)	GL	2º grau	R ² (%)	Modelo	
G ₃	N1	Reg	1	18,84 ^{ns}	94,24	2	9,99 ^{ns}	99,91	Ausência
		Desvios	2	0,57 ^{ns}		1	0,01 ^{ns}		
		Resíduo	22	8,01			8,01		
	N2	Reg	1	0,63 ^{ns}	2,64	2	2,24 ^{ns}	16,87	Ausência
		Desvios	2	11,59 ^{ns}		1	19,32 ^{ns}		
		Resíduo	22	9,44			9,44		
	N3	Reg	1	5,32 ^{ns}	14,45	2	3,05 ^{ns}	14,56	Ausência
		Desvios	2	15,76 ^{ns}		1	30,75 ^{ns}		
		Resíduo	22	20,68			20,68		
	N4	Reg	1	5,06 ^{ns}	9,31	2	16,62 ^{ns}	61,13	Ausência
		Desvios	2	24,65 ^{ns}		1	21,13 ^{ns}		
		Resíduo	22	33,14			33,14		
		Reg	1	0,14 ^{ns}	10,13	2	0,59 ^{ns}	82,69	Ausência
		Desvios	2	0,64 ^{ns}		1	0,24		
		Resíduo	99	13,23			13,23		

(**, * 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. Cont.

GEN	Doses de N	QMRegressão da ALT							
		GL	1º grau	R ² (%)	GL	2º grau	R ² (%)	Modelo	
G ₁	N1	Reg	1	0,18*	56,33	2	0,10 ^{ns}	62,29	1
		Desvios	2	0,07 ^{ns}		1	0,12*		
		Resíduo	22	0,02		2	0,26		
	N2	Reg	1	0,004 ^{ns}	5,29	2	0,004 ^{ns}	10,52	Ausência
		Desvios	2	0,041 ^{ns}		1	0,082 ^{ns}		
		Resíduo	22	0,034		2	0,034		
	N3	Reg	1	0,04 ^{ns}	21,37	2	0,02 ^{ns}	23,72	Ausência
		Desvios	2	0,08 ^{ns}		1	0,15 ^{ns}		
		Resíduo	22	0,03		2	0,03		
	N4	Reg	1	0,03 ^{ns}	24,12	2	0,05 ^{ns}	63,13	Ausência
		Desvios	2	0,06 ^{ns}		1	0,05 ^{ns}		
		Resíduo	22	0,02		2	0,02		
	Reg	1	0,03 ^{ns}	39,86	2	0,02 ^{ns}	47,01	Ausência	
	Desvios	2	0,02 ^{ns}		1	0,05 ^{ns}			
	Resíduo	99	0,01		2	0,01			
GEN	Doses de N	QMRegressão da ALT							
		GL	1º grau	R ² (%)	GL	2º grau	R ² (%)	Modelo	
G ₂	N1	Reg	1	0,004 ^{ns}	10,25	2	0,007 ^{ns}	33,07	Ausência
		Desvios	2	0,02 ^{ns}		1	0,031 ^{ns}		
		Resíduo	22	0,02		2	0,026		
	N2	Reg	1	0,003 ^{ns}	34,09	2	0,004 ^{ns}	95,45	Ausência
		Desvios	2	0,003 ^{ns}		1	0,0004 ^{ns}		
		Resíduo	22	0,03		2	0,034		
	N3	Reg	1	0,002 ^{ns}	0,17	2	0,01 ^{ns}	17,44	Ausência
		Desvios	2	0,07 ^{ns}		1	0,11 ^{ns}		
		Resíduo	22	0,03		2	0,03		
	N4	Reg	1	0,04 ^{ns}	88,94	2	0,020 ^{ns}	91,57	Ausência
		Desvios	2	0,02 ^{ns}		1	0,003 ^{ns}		
		Resíduo	22	0,02		2	0,022		
	Reg	1	0,04 ^{ns}	65,97	2	0,02 ^{ns}	66,05	Ausência	
	Desvios	2	0,01 ^{ns}		1	0,02 ^{ns}			
	Resíduo	99	0,01		2	0,01			
GEN	Doses de N	QMRegressão da ALT							
		GL	1º grau	R ² (%)	GL	2º grau	R ² (%)	Modelo	
G ₃	N1	Reg	1	0,00006 ^{ns}	0,24	2	0,012 ^{ns}	97,83	Ausência
		Desvios	2	0,0124 ^{ns}		1	0,0005 ^{ns}		
		Resíduo	22	0,026		2	0,026		
	N2	Reg	1	0,0018 ^{ns}	0,99	2	0,05 ^{ns}	63,22	Ausência
		Desvios	2	0,090 ^{ns}		1	0,06 ^{ns}		
		Resíduo	22	0,034		2	0,04		
	N3	Reg	1	0,0002 ^{ns}	1,17	2	0,002 ^{ns}	24,70	Ausência
		Desvios	2	0,010 ^{ns}		1	0,015 ^{ns}		
		Resíduo	22	0,033		2	0,033		
	N4	Reg	1	0,02 ^{ns}	34,05	2	0,012 ^{ns}	40,14	Ausência
		Desvios	2	0,01 ^{ns}		1	0,036 ^{ns}		
		Resíduo	22	0,02		2	0,022		
	Reg	1	0,004 ^{ns}	27,06	2	0,008 ^{ns}	100	Ausência	
	Desvios	2	0,006 ^{ns}		1	0,000001 ^{ns}			
	Resíduo	99	0,01		2	0,01			

(**, * 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. Cont.

GEN	Doses de N	QMRegressão da DC							
		GL	1º grau	R ² (%)	GL	2º grau	R ² (%)	Modelo	
G ₁	N1	Reg	1	0,00001 ^{ns}	0,23	2	0,0030 ^{ns}	96,66	Ausência
		Desvios	2	0,0031 ^{ns}		1	0,0002 ^{ns}		
		Resíduo	22	0,0058			0,0051		
	N2	Reg	1	0,0025 ^{ns}	40,23	2	0,0031 ^{ns}	98,57	Ausência
		Desvios	2	0,0019 ^{ns}		1	0,0001 ^{ns}		
		Resíduo	22	0,0111			0,011		
	N3	Reg	1	0,0012 ^{ns}	21,31	2	0,0006 ^{ns}	22,63	Ausência
		Desvios	2	0,0022 ^{ns}		1	0,0044 ^{ns}		
		Resíduo	22	0,0041			0,004		
	N4	Reg	1	0,000 ^{ns}	0,05	2	0,002 ^{ns}	76,19	Ausência
		Desvios	2	0,0031 ^{ns}		1	0,001 ^{ns}		
		Resíduo	22	0,0084			0,008		
	Reg	1	0,05 ^{**}	67,15	2	0,03 ^{**}	98,45	1	
	Desvios	2	0,01 ^{ns}		1	0,01 ^{ns}			
	Resíduo	99	0,005			0,005			
GEN	Doses de N	QMRegressão da DC							
		GL	1º grau	R ² (%)	GL	2º grau	R ² (%)	Modelo	
G ₂	N1	Reg	1	0,00024 ^{ns}	1,18	2	0,0007 ^{ns}	10,90	Ausência
		Desvios	2	0,0065 ^{ns}		1	0,011 ^{ns}		
		Resíduo	22	0,0058			0,005		
	N2	Reg	1	0,0003 ^{ns}	9,61	2	0,0002 ^{ns}	11,53	Ausência
		Desvios	2	0,0017 ^{ns}		1	0,0035 ^{ns}		
		Resíduo	22	0,011			0,011		
	N3	Reg	1	0,00001 ^{ns}	0,34	2	0,019*	90,0	2
		Desvios	2	0,022*		1	0,004 ^{ns}		
		Resíduo	22	0,0041			0,004		
	N4	Reg	1	0,027 ^{ns}	72,79	2	0,018 ^{ns}	96,61	Ausência
		Desvios	2	0,005 ^{ns}		1	0,001 ^{ns}		
		Resíduo	22	0,008			0,008		
	Reg	1	0,05 ^{**}	63,94	2	0,002 ^{**}	64,03	1	
	Desvios	2	0,01 ^{ns}		1	0,03*			
	Resíduo	99	0,005			0,005			
GEN	Doses de N	QMRegressão da DC							
		GL	1º grau	R ² (%)	GL	2º grau	R ² (%)	Modelo	
G ₃	N1	Reg	1	0,0005 ^{ns}	18,0	2	0,0004 ^{ns}	28,0	Ausência
		Desvios	2	0,0125 ^{ns}		1	0,0022 ^{ns}		
		Resíduo	22	0,0058			0,0058		
	N2	Reg	1	0,0029 ^{ns}	32,66	2	0,002 ^{ns}	46,0	Ausência
		Desvios	2	0,003 ^{ns}		1	0,004 ^{ns}		
		Resíduo	22	0,011			0,011		
	N3	Reg	1	0,0086 ^{ns}	75,78	2	0,0056 ^{ns}	99,47	Ausência
		Desvios	2	0,0014 ^{ns}		1	0,0001 ^{ns}		
		Resíduo	22	0,0041			0,0041		
	N4	Reg	1	0,0007 ^{ns}	9,07	2	0,0013 ^{ns}	32,22	Ausência
		Desvios	2	0,0074 ^{ns}		1	0,0055 ^{ns}		
		Resíduo	22	0,0084			0,0084		
	Reg	1	0,004 ^{ns}	65,43	2	0,002 ^{ns}	65,55	Ausência	
	Desvios	2	0,001 ^{ns}		1	0,002 ^{ns}			
	Resíduo	99	0,005			0,005			

(**, * 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. Cont.

GEN	Doses de N	QMRegressão da LL							
		GL	1º grau	R ² (%)	GL	2º grau	R ² (%)	Modelo	
G ₁	N1	Reg	1	0,001 ^{ns}	16,35	2	0,0054 ^{ns}	98,10	Ausência
		Desvios	2	0,004 ^{ns}		1	0,0002 ^{ns}		
		Resíduo	22	0,097			0,0974		
	N2	Reg	1	0,141 ^{ns}	80,69	2	0,084 ^{ns}	96,17	Ausência
		Desvios	2	0,016 ^{ns}		1	0,006 ^{ns}		
		Resíduo	22	0,099			0,099		
	N3	Reg	1	0,036 ^{ns}	19,90	2	0,069 ^{ns}	76,66	Ausência
		Desvios	2	0,072 ^{ns}		1	0,042 ^{ns}		
		Resíduo	22	0,115			0,115		
	N4	Reg	1	0,069 ^{ns}	39,58	2	0,044 ^{ns}	50,54	Ausência
		Desvios	2	0,052 ^{ns}		1	0,086 ^{ns}		
		Resíduo	22	0,050			0,050		
		Reg	1	0,009 ^{ns}	6,18	2	0,007 ^{ns}	9,61	Ausência
		Desvios	2	0,06 ^{ns}		1	0,13 ^{ns}		
		Resíduo	99	0,06			0,06		
GEN	Doses de N	QMRegressão da LL							
		GL	1º grau	R ² (%)	GL	2º grau	R ² (%)	Modelo	
G ₂	N1	Reg	1	0,020 ^{ns}	3,51	2	0,256 ^{ns}	67,76	Ausência
		Desvios	2	0,281 ^{ns}		1	0,071 ^{ns}		
		Resíduo	22	0,097			0,097		
	N2	Reg	1	0,015 ^{ns}	13,76	2	0,046 ^{ns}	82,58	Ausência
		Desvios	2	0,048 ^{ns}		1	0,019 ^{ns}		
		Resíduo	22	0,099			0,099		
	N3	Reg	1	0,020 ^{ns}	20,93	2	0,013 ^{ns}	27,72	Ausência
		Desvios	2	0,038 ^{ns}		1	0,071 ^{ns}		
		Resíduo	22	0,115			0,115		
	N4	Reg	1	0,188 ^{ns}	86,51	2	0,103 ^{ns}	95,33	Ausência
		Desvios	2	0,014 ^{ns}		1	0,010 ^{ns}		
		Resíduo	22	0,050			0,050		
		Reg	1	0,03 ^{ns}	10,17	2	0,07 ^{ns}	39,46	Ausência
		Desvios	2	0,17 ^{ns}		1	0,23 ^{ns}		
		Resíduo	99	0,06			0,06		
GEN	Doses de N	QMRegressão da LL							
		GL	1º grau	R ² (%)	GL	2º grau	R ² (%)	Modelo	
G ₃	N1	Reg	1	0,0048 ^{ns}	3,08	2	0,036 ^{ns}	45,50	Ausência
		Desvios	2	0,0770 ^{ns}		1	0,086 ^{ns}		
		Resíduo	22	0,0974			0,097		
	N2	Reg	1	0,0117 ^{ns}	6,26	2	0,072 ^{ns}	76,60	Ausência
		Desvios	2	0,088 ^{ns}		1	0,043 ^{ns}		
		Resíduo	22	0,099			0,099		
	N3	Reg	1	0,045 ^{ns}	67,22	2	0,029 ^{ns}	86,0	Ausência
		Desvios	2	0,011 ^{ns}		1	0,009 ^{ns}		
		Resíduo	22	0,115			0,115		
	N4	Reg	1	0,0002 ^{ns}	0,14	2	0,018 ^{ns}	22,34	Ausência
		Desvios	2	0,0816 ^{ns}		1	0,127 ^{ns}		
		Resíduo	22	0,0502			0,050		
		Reg	1	0,001 ^{ns}	0,23	2	0,08 ^{ns}	36,41	1
		Desvios	2	0,22 ^{ns}		1	0,28 [*]		
		Resíduo	99	0,06			0,06		

(**, * 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 de regressão de 1º e 2º grau para as características morfoagronômicas de três genótipos (Cubano Pinda – G1, IAC Campinas - G2 e Cameroon – G3) sob 4 doses de nitrogênio (100, 800, 1500 e 2200 kg ha⁻¹ de N) e 4 doses de potássio (50, 400, 750 e 1100 kg ha⁻¹ de K₂O) e dois anos de cultivo em Bom Jesus do Itabapoana - RJ, 2013 e 2014.

		Características Morfoagronômicas (PMS)		
GEN	Doses de N	Modelo	Eq. de Regressão	R ²
G1	N1	1	$\hat{y} = 51,79 - 5,5 \cdot 10^{-3}K^*$	36,54
	N2	Ausência	$\hat{y} = 56,34$	
	N3	Ausência	$\hat{y} = 52,28$	
	N4	Ausência	$\hat{y} = 67,73$	
Independente de N			$\hat{y} = 43,42 + 0,0161K^{**}$	81,87
G2	N1	Ausência	$\hat{y} = 46,33$	91,81
	N2	Ausência	$\hat{y} = 41,23$	
	N3	Ausência	$\hat{y} = 49,04$	
	N4	2	$\hat{y} = 73,60 - 0,1973K^* + 4,34 \cdot 10^{-5}K^{2*}$	
Independente de N			$\hat{y} = 42,07 + 0,0148K^{**}$	97,54
G3	N1	Ausência	$\hat{y} = 49,04$	93,34
	N2	2	$\hat{y} = 56,97 + 1,5 \cdot 10^{-3}K^{ns} - 3,8 \cdot 10^{-5}K^{2ns}$	
	N3	Ausência	$\hat{y} = 47,48$	
	N4	Ausência	$\hat{y} = 54,18$	
Independente de N			$\hat{y} = 46,91 + 0,0029K^{ns}$	20,32
		Características Morfoagronômicas (%MS)		
GEN	Doses de N	Modelo	Eq. de Regressão	R ²
G1	N1	Ausência	$\hat{y} = 31,48$	0,14
	N2	Ausência	$\hat{y} = 31,54$	
	N3	Ausência	$\hat{y} = 31,78$	
	N4	Ausência	$\hat{y} = 32,51$	
Independente de N			$\hat{y} = 32,39 + 3 \cdot 10^{-5}K^{ns}$	
G2	N1	Ausência	$\hat{y} = 34,06$	75,97
	N2	Ausência	$\hat{y} = 33,37$	
	N3	Ausência	$\hat{y} = 33,68$	
	N4	Ausência	$\hat{y} = 33,68$	
Independente de N			$\hat{y} = 33,20 + 0,001K^{ns}$	
G3	N1	Ausência	$\hat{y} = 32,89$	14,75
	N2	Ausência	$\hat{y} = 33,24$	
	N3	Ausência	$\hat{y} = 33,46$	
	N4	Ausência	$\hat{y} = 32,87$	
Independente de N			$\hat{y} = 33,62 - 0,0003K^{ns}$	

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

Tabela 6. Cont.

		Características Morfoagronômicas (NPPM)		
GEN	Doses de N	Modelo	Eq. de Regressão	R ²
G1	N1	Ausência	$\hat{y} = 23,50$	
	N2	Ausência	$\hat{y} = 22,26$	
	N3	Ausência	$\hat{y} = 27,40$	
	N4	Ausência	$\hat{y} = 28,82$	
Independente de N			$\hat{y} = 20,79 + 0,0059K^{**}$	86,81
G2	N1	Ausência	$\hat{y} = 24,09$	
	N2	Ausência	$\hat{y} = 21,02$	
	N3	Ausência	$\hat{y} = 26,32$	
	N4	1	$\hat{y} = 35,19 - 5,3 \cdot 10^{-3}K^*$	
Independente de N			$\hat{y} = 22,35 + 0,0061K^{**}$	90,52
G3	N1	Ausência	$\hat{y} = 25,33$	
	N2	Ausência	$\hat{y} = 23,63$	
	N3	Ausência	$\hat{y} = 24,80$	
	N4	Ausência	$\hat{y} = 22,75$	
Independente de N			$\hat{y} = 23,67 + 0,0001K^{ns}$	10,10
		Características Morfoagronômicas (ALT)		
GEN	Doses de N	Modelo	Eq. de Regressão	R ²
G1	N1	1	$\hat{y} = 2,84 + 1,5 \cdot 10^{-4}K^*$	56,33
	N2	Ausência	$\hat{y} = 3,06$	
	N3	Ausência	$\hat{y} = 2,94$	
	N4	Ausência	$\hat{y} = 3,21$	
Independente de N			$\hat{y} = 3,03 + 7 \cdot 10^{-5}K^{ns}$	40,00
G2	N1	Ausência	$\hat{y} = 3,03$	
	N2	Ausência	$\hat{y} = 3,05$	
	N3	Ausência	$\hat{y} = 3,05$	
	N4	Ausência	$\hat{y} = 3,02$	
Independente de N			$\hat{y} = 3,01 + 8 \cdot 10^{-5}K^{ns}$	66,58
G3	N1	Ausência	$\hat{y} = 2,99$	
	N2	Ausência	$\hat{y} = 3,03$	
	N3	Ausência	$\hat{y} = 3,00$	
	N4	Ausência	$\hat{y} = 3,02$	
Independente de N			$\hat{y} = 3,02 - 7 \cdot 10^{-5}K^{ns}$	41,81

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

Tabela 6. Cont.

		Características Morfoagronômicas (DC)			
GEN	Doses de N	Modelo	Eq. de Regressão	R ²	
G1	N1	Ausência	$\hat{y} = 1,35$		
	N2	Ausência	$\hat{y} = 1,46$		
	N3	Ausência	$\hat{y} = 1,44$		
	N4	Ausência	$\hat{y} = 1,45$		
Independente de N			$\hat{y} = 1,37 + 8.10^{-5}K^{**}$	68,77	
G2	N1	Ausência	$\hat{y} = 1,41$		
	N2	Ausência	$\hat{y} = 1,50$		
	N3	2	$\hat{y} = 1,37 + 2,6.10^{-4}K^{ns} - 1.10^{-7}K^{2ns}$		90,0
	N4	Ausência	$\hat{y} = 1,46$		
Independente de N			$\hat{y} = 1,42 + 9.10^{-5}K^{**}$	69,23	
G3	N1	Ausência	$\hat{y} = 1,48$		
	N2	Ausência	$\hat{y} = 1,48$		
	N3	Ausência	$\hat{y} = 1,50$		
	N4	Ausência	$\hat{y} = 1,45$		
Independente de N			$\hat{y} = 1,47 - 2.10^{-5}K^{ns}$	64,00	
		Características Morfoagronômicas (LL)			
GEN	Doses de N	Modelo	Eq. de Regressão	R ²	
G1	N1	Ausência	$\hat{y} = 4,32$		
	N2	Ausência	$\hat{y} = 4,40$		
	N3	Ausência	$\hat{y} = 4,47$		
	N4	Ausência	$\hat{y} = 4,41$		
Independente de N			$\hat{y} = 4,29 + 3.10^{-5}K^{ns}$	6,15	
G2	N1	Ausência	$\hat{y} = 4,47$		
	N2	Ausência	$\hat{y} = 4,41$		
	N3	Ausência	$\hat{y} = 4,37$		
	N4	Ausência	$\hat{y} = 4,37$		
Independente de N			$\hat{y} = 4,39 + 7.10^{-5}K^{ns}$	10,37	
G3	N1	Ausência	$\hat{y} = 4,11$		
	N2	Ausência	$\hat{y} = 4,34$		
	N3	Ausência	$\hat{y} = 4,08$		
	N4	Ausência	$\hat{y} = 4,18$		
Independente de N			$\hat{y} = 4,23 - 9.10^{-6}K^{ns}$	0,12	

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

Segundo Oliveira (2012), os modelos de 1° e 2° graus não se ajustaram ao nível de significância de 5% pelo teste “F”. Santos (2013), estudando três cvs. de capim-elefante, o modelo 2° grau foi o que melhor se ajustou ao nível de significância de 5% pelo teste “F”.

Avaliando a produção de matéria seca, observa-se na Tabela 6, que houve efeito significativo para as doses de nitrogênio (N1, N4 e N2) para os genótipos,

Cubano Pinda, IAC Campinas e Cameroon, respectivamente. Pode-se observar que com as maiores doses de N e K obteve-se as maiores produções estimadas de matéria seca para todos os genótipos. Também houve um aumento crescente para a produção de matéria seca com as doses crescentes de K, independente de N (Figura 1).

Lavres Júnior (2001) e Ferragine (1998) avaliando a produção de massa seca do capim-mombaça e do capim-braquiária, com suprimento de doses crescentes de nitrogênio e potássio, observaram uma baixa eficiência de resposta ao nitrogênio.

Santos (2013), em seus resultados obtidos na área experimental do IFES campus de Alegre- ES no período de 2012 - 2013, demonstra 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 (Guaçu/IZ.2, Cameroon-Piracicaba e Cana D'África), responderam positivamente ao aumento dos níveis da adubação nitrogenada usada.

Carvalho et al. (1995), estudando a aplicação de nitrogênio (0; 100; 200 e 400 kg ha⁻¹ano⁻¹ 0, 50, 100 e 200 mg.dm⁻³) e potássio (0; 75 e 150 kg ha⁻¹ano⁻¹ 0; 31,25; 62,50 mg.dm⁻³), em capim-braquiária cultivada em um Latossolo Vermelho-Amarelo Álico, verificaram que com o baixo fornecimento de potássio a resposta à adubação nitrogenada foi limitada. Porém, o efeito da adubação nitrogenada na produção de matéria seca não foi significativa e que esse efeito não foi tão influenciado pela aplicação de potássio, concluindo que, com o baixo suprimento de potássio e nitrogênio a resposta da planta foi maior, mas com o aumento da fertilização potássica não ocorria marcante resposta à adubação nitrogenada.

Oliveira (2012) encontrou produção média de matéria seca em seis genótipos de 35,03 t ha⁻¹ano⁻¹ com ciclo de 10 meses, mostrando que os resultados encontrados nesse trabalho são superiores ao do autor pesquisado, indicando que a adubação promoveu um incremento na produção de matéria seca.

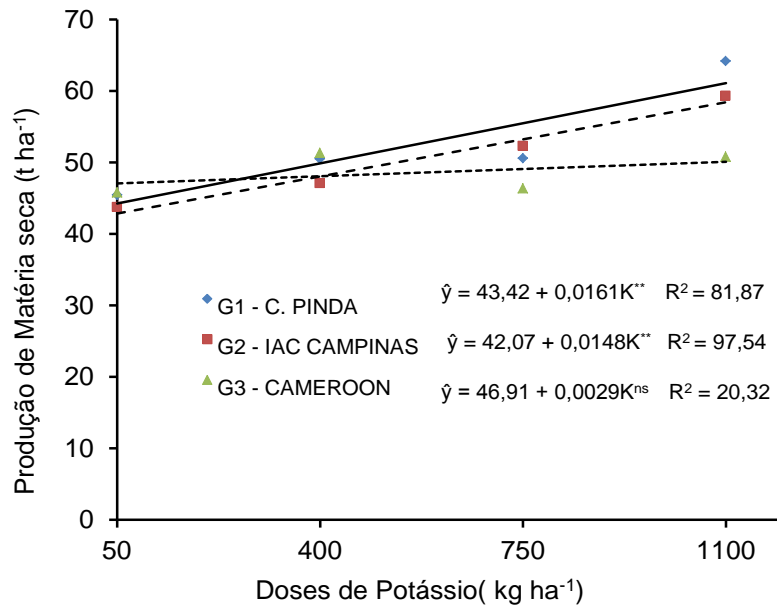


Figura 1: Curva característica para Produção de Matéria Meca dos diferentes genótipos Cubano Pinda (G1), IAC Campinas (G2) e Cameroon (G3) com doses crescentes de adubação potássica (50, 400, 750 e 1100 Kg ha⁻¹ de K₂O) independente da nitrogenada.

As estimativas para os modelos lineares de 1° e 2° grau aplicados aos valores médios de percentagem de matéria seca (%MS) envolvendo os três genótipos de capim-elefante referente no ciclo de cultivo de dois anos, encontram-se na Tabela 6. Na análise de regressão para a característica (%MS), verificou-se que todos os genótipos apresentaram ausência de regressão para todas as doses de K.

A média geral da característica percentagem de matéria seca (%MS) dos genótipos em função das doses de N e K foi de 32,88% (Tabela 6). Esse 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. (2014) avaliando três genótipos encontraram para os três genótipos uma média de 24,72% e 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 32,87% (Tabela 6). 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.

As estimativas para os modelos lineares de 1º e 2º graus aplicados aos valores médios de Números de Plantas por Metro (NPPM) envolvendo os três genótipos de capim-elefante referente ao ciclo de cultivo de dois anos, encontram-se na Tabela 6 e Figura 2. Na análise de regressão para a característica (NPPM), verificou-se que o genótipo que demonstrou regressão foi: IAC Campinas na dose N4, que teve um coeficiente de determinação $R^2 = 83,13\%$, em nível de significância de 5% pelo teste "F", sendo que o modelo que melhor ajustou foi o de 1º grau ($\hat{y} = 35,19 - 5,3 \cdot 10^{-3}K^*$).

Os genótipos, Cubano Pinda e Cameroon apresentaram ausência de regressão. Enquanto que Oliveira (2012) e Santos (2013) pela análise de regressão do Número de Plantas (NPPM) verificaram que os genótipos que apresentaram regressão foram a cv. Cameroon-Piracicaba e a cv. Capim Cana D'África, que tiveram um coeficiente de determinação $R^2 = 90,36\%$ e $R^2 = 84,93\%$ em nível de significância de 1% pelo teste "F", sendo que o modelo de melhor ajuste foi o de 1º grau e 2º grau, respectivamente. Assim, essa tendência de regressão de 1º grau indica que existe necessidade de maior estudo para adubação potássica, que poderia gerar uma melhor resposta em nível de perfilhos, é provável que existam outros fatores que promoveram essas diferenças.

O genótipo IAC Campinas apresentou maior NPPM, estimado de 23,53 com a maior dosagem de N, diferentemente para os genótipos, Cubano Pinda e Cameroon apresentaram NPPM de 28,82 e 22,75, respectivamente, com a mesma dosagem. Para as doses de N, o genótipo Cameroon manifestou uma

redução no número de perfilhos 22,75 com a maior dosagem 2200 kg ha⁻¹ de nitrogênio.

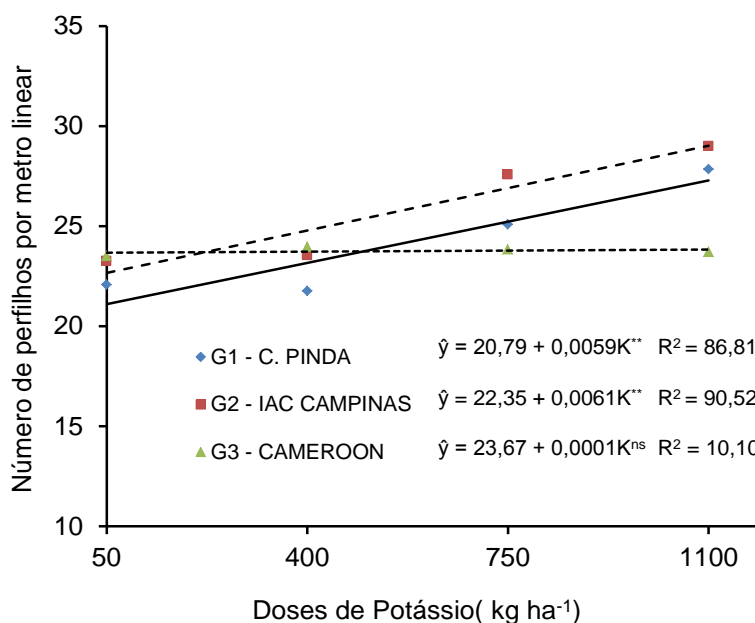


Figura 2: Curva característica para o Número de Perfilhos por metro linear dos diferentes genótipos Cubano Pinda (G1), IAC Campinas (G2) e Cameroon (G3) com doses crescentes de adubação potássica (50, 400, 750 e 1100 Kg ha⁻¹ de K₂O) independente da nitrogenada.

Os valores obtidos de NPPM não diferem de Santos et. al. (2014), que obtiveram para as cvs. ‘Guaçu/IZ.2’, ‘Cameroon-Piracicaba’ e ‘Cana D’África’, no 2º corte os respectivos valores 28,43; 23,00 e 30,58 NPPM, em um intervalo de 10 meses utilizando uma dose inferior de N e dos valores médios obtidos por Oliveira et al. 2013, pois as cvs. ‘Guaçu/ IZ.2’, ‘Cameroon-Piracicaba’, ‘Cana D’África’ e Cubano Pinda apresentaram 28; 28; 23 e 24 NPPM, respectivamente, em um intervalo de seis meses também usando dosagem menores de adubação nitrogenada. 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. A maior produtividade coincide com o maior número de perfilhos por área e da altura da planta.

Para Rossi (2010), 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.

As estimativas para os modelos lineares de 1° e 2° graus aplicados aos valores médios da Altura da Planta (ALT) envolvendo três genótipos de capim-elefante referente ao ciclo de cultivo de dois anos encontram-se na Tabela 6 e Figura 3. Em relação à Altura Média (ALT), não houve ajuste de modelo para os genótipos IAC Campinas e Cameroon que apresentaram ausência de regressão, enquanto que o Cubano Pinda apresentou regressão de 1° grau ($\hat{y} = 2,84 + 1,5 \cdot 10^{-4} K^*$ e $R^2 = 56,33\%$). 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 2° grau, sendo seu coeficiente de determinação $R^2 = 41,93\%$ em nível de significância de 1% pelo teste “F”.

Analisando a característica altura média (ALT) os genótipos IAC Campinas Cameroon não diferiram estatisticamente nas dosagens de nitrogênio. O crescimento do genótipo Cameroon diante das doses crescentes de potássio e nitrogênio não influenciou na altura das plantas. Demonstrando que os dois elementos não proporcionaram um incremento tão significativo na altura dos genótipos Cubano Pinda e IAC Campinas e um decréscimo para o genótipo Cameroon (Figura 3).

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 $\hat{y} = 92,303 + 0,0449X$ e $R^2 = 0,95$, em que Y representa a porcentagem média da altura das plantas e X, os níveis de nitrogênio.

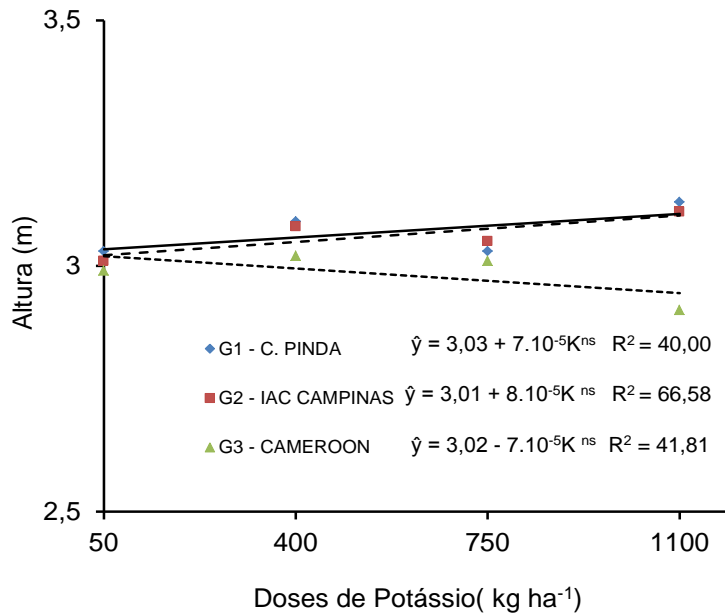


Figura 3: Curva característica para a Altura das plantas dos diferentes genótipos Cubano Pinda (G1), IAC Campinas (G2) e Cameroon (G3) com doses crescentes de adubação potássica (50, 400, 750 e 1100 Kg ha⁻¹ de K₂O) independente da nitrogenada.

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 et al. (2013) verificaram que altura média dos genótipos estudados foi igual a 1,88 m com 24 semanas. Nesse estudo foi encontrada altura média de 3,02 cm, com ciclo de 12 meses. Segundo Xia et al. (2010) e Menezes et al. (2014), esta variável é correlacionada positivamente com a produção de matéria seca.

As estimativas para os modelos lineares de 1° e 2° graus aplicados aos valores médios do Diâmetro do Colmo (DC) envolvendo três genótipos de capim-elefante referente ao ciclo de cultivo de dois anos encontram-se na Tabela 6. Analisando o diâmetro médio do colmo (DC), os genótipos, Cubano Pinda e Cameroon apresentaram ausência de regressão para as dosagens de N e K. Para a dose de N3 o genótipo IAC Campinas apresentou regressão de 2° grau ($\hat{y} = 1,37 + 2,6.10^{-4}K^{ns} - 1.10^{-7}K^{2ns}$ e $R^2 = 90,0\%$), em nível de significância de 5% pelo teste "F".

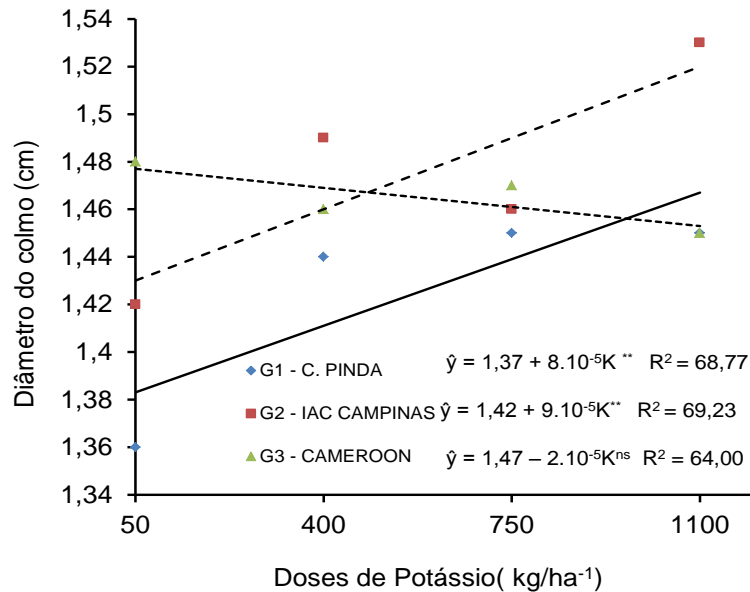


Figura 4: Curva característica para Diâmetro do Colmo dos diferentes genótipos Cubano Pinda (G1), IAC Campinas (G2) e Cameroon (G3) com doses crescentes de adubação potássica (50, 400, 750 e 1100 Kg ha⁻¹ de K₂O) independente da nitrogenada.

O genótipo IAC Campinas diferiu dos genótipos, Cubano Pinda e Cameroon na dose N3. Com as menores dosagens de N e K os genótipos já tiveram um aumento do diâmetro do colmo. Segundo Oliveira (2012), para o genótipo Cubano Pinda, o modelo que melhor se ajustou foi o de 2º grau, com coeficiente de determinação R² = 18,62% em nível de significância de 5% pelo teste “F”, para o genótipo Cameroon-Piracicaba, foi o modelo de 1º grau com coeficiente de determinação R² = 24,03% em nível de significância de 5% pelo teste “F”.

Estudando o diâmetro de colmo e o número de perfilhos basais por metro, Silva et al. (2010), observaram a existência de alta hereditariedade, contudo, estimativas de hereditariedade são próprias do conjunto de genótipos avaliados e de determinada condição ambiental. Em clones de Pennisetum de porte baixo, (Acquaah, 2007; Silva & Rocha, 2010 e Silva et al. 2010) observaram herdabilidade de 98% de diâmetro do colmo e de 83% para o número de perfilhos, pois a menor variação genética encontrada para estes clones, indica que grande parte da variabilidade fenotípica tem causas genéticas.

As estimativas para os modelos lineares de 1º e 2º graus aplicados à largura da lâmina envolvendo três genótipos de capim- elefante referente ao corte anual encontram-se na Tabela 6. Não houve ajuste de modelo para os genótipos que apresentaram ausência de regressão.

Os genótipos não responderam positivamente ao incremento de N e K, sendo a menor média obtida na dose N3 de 4,08 referente ao Cameroon e a maior média, de 4,47 e 4,47 nas doses, N1 e N3 para os genótipos, Cubano Pinda e IAC Campinas, respectivamente, (Tabela 6).

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 $R^2 = 69,55\%$ e Cameroon Piracicaba com modelo de 1º grau e coeficiente de determinação $R^2 = 35,23\%$, estes obtiveram regressão com o mesmo nível de significância de 1% pelo teste F.

Santos et al. (2014) estudando três cultivares, duas doses de 500 e 1000 kg ha^{-1} de N e com três ciclo de corte, 180, 300 e 180 dias, respectivamente, encontraram um decréscimo para as cvs. 'Guaçu/IZ.2' e 'Cana D'África', no corte 2, na dose de 500 kg ha^{-1} de N e largura média da lâmina foliar de 4,24 e 3,91 cm, respectivamente, e na dose 1000 kg ha^{-1} de N largura média da lâmina foliar de 3,88 e 3,95 cm, respectivamente. 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. CONCLUSÕES

Para a PMS só não houve efeito significativo para o fator genótipo (G) e para interação nitrogênio e genótipo (NG). Para %MS e LL não foram significativos para nenhuma fonte de variação ou interação.

O estudo da produção de matéria seca mostrou que em condição de baixa dose de nitrogênio e com o incremento das doses de potássio a produção de matéria seca aumentou, mas, no entanto, à medida que se aumentou a dose de nitrogênio associada às doses de potássio a produção não foi incrementada, foi suprimida.

Observou-se que para a PMS o efeito foi linear de 1º grau significativo decrescente em função das doses de K dentro de N1 para o genótipo Cubano Pinda e efeito linear de 2º grau dentro de N4 e N2 para os genótipos IAC Campinas e Cameroon, com os respectivos coeficientes de determinação de 36,54 %, 91,81 % e 93,34 %, respectivamente.

Na análise de regressão para a característica (%MS), verificou-se que todos os genótipos apresentaram ausência de regressão para todas as doses de K e função de cada dose de N. Assim, a influência pode ser uma característica dos genótipos e que as doses de N e K não tenham interferido na percentagem de matéria seca.

Na análise de regressão para a característica (NPPM), verificou-se que o genótipo que demonstrou regressão foi: IAC Campinas na dose N4, que teve um

coeficiente de determinação $R^2 = 83,13\%$, em nível de significância de 5% pelo teste “F”, sendo que o modelo que melhor ajustou foi o de 1º grau.

Em relação à Altura Média (ALT), não houve ajuste de modelo para os genótipos IAC Campinas e Cameroon, que apresentaram ausência de regressão, enquanto que o Cubano Pinda apresentou regressão de 1º grau na dose N1.

Para o diâmetro do colmo o genótipo IAC Campinas diferiu dos genótipos, Cubano Pinda e Cameroon na dose N3 e apresentou regressão de 2º grau e $R^2 = 56,33\%$.

Os genótipos não responderam significativamente ao incremento de N e K, no aumento da LL, sendo a menor média obtida na dose N3 de 4,08, referente ao Cameroon e com a maior média na dose N3 e N1 de 4,47 para os genótipos, Cubana Pinda e IAC Campinas, respectivamente.

Os resultados são bastante promissores e asseguram o uso dos três genótipos de capim-elefante, Cubano Pinda, IAC Campinas e Cameroon com produção média de 52,66; 50,60 e 48,57 t.ha⁻¹, respectivamente, como fonte alternativa para produção da biomassa.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACQUAAH, G. (2007) *Principles of plant genetics and breeding*. Oxford: Blackwell Publishing, 569p.
- ARAÚJO, A. P.; MACHADO, C. T. de T. (2006). *Nutrição Mineral de Plantas*, Viçosa. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: 253-280.
- BARBOSA, D. H. S. G.; Vieira, H. D.; Souza, R. M. (2008) Avaliação em campo de cultivares de Coffea arábica em áreas isenta ou infestada por Meloidogyne exigua na região noroeste fluminense. Formação da lavoura. *Nematologia Brasileira*, Piracicaba, 32 (2):101-110.
- BOTREL, M. A., PEREIRA, A. V., FREITAS, V. P. (2000) Potencial forrageiro de novos clones de capim-elefante. *Rev. Bras. Zootec.*, 29 (2): 334-340.
- CARVALHO, D. F.. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Funções de Produção na Agricultura Irrigada. Instituto de Tecnologia - Departamento De Engenharia – 65 Seropédica, RJ, 2011. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/daniel>. Acesso em: 27/10/2011.
- CRUZ, C. D. (2013). GENES - um pacote de software para análise estatística experimental e genética quantitativa. *Acta Sci. Agron.* 35 (3):. 271-276 EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solo. 3ª edição: 353.

- DAHER, R. F., SOUZA, L. B., GRAVINA, G. A.; MACHADO, J. C., RAMOS, H. C. C., SILVA, V.Q.R.; MENEZES, B.R.S., SCNEIDER, L.S.A., OLIVEIRA, M.L.F.; GOTTARDO, R.D. (2014) O uso de capim-elefante para produção de energia em Campos dos Goytacazes-RJ, Brasil. *Genetics and Molecular Research*, 13 (4): 10898-10908.
- EMBRAPA (2013) *Sistema Brasileiro de Classificação de Solo*. 3ª edição. 353 p.
- FERRAGINE, M.D.C. (1998) Combinação de doses de nitrogênio e potássio na nutrição mineral de capim-braquiária. Dissertação (Mestrado Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade de São Paulo, 84 p..
- FLORES, R.A.; URQUIAGA, S.S.; ALVES, B.J.R.; COLLIER, L.S.; ZANETTI, J.B., PRADO, R.M. (2013) Nitrogênio e idade de corte na qualidade da biomassa de capim- elefante para fins agroenergéticos cultivado em Latossolo. *Semina: Ciências Agrárias*, 34 (1): 127-136.
- FONSECA, J. S. de; MARTINS, G. de A. (1996) *Curso de estatística*. 6 ed. São Paulo: Atlas, 320p.
- FREIRE, L. F., BALIEIRO, F. C., ZONTA, E., ANJOS, L. H. C., PEREIRA, M. G., LIMA, E., GUERRA, J. G. M., FERREIRA, M. B. C., LEAL, M. A. A., CAMPOS, D. V. B., POLIDORO, J. C. (2013) *Manual de Calagem e Adubação do Estado do Rio de Janeiro*. 2. ed. Rio de Janeiro: UFRRJ e EMBRAPA, 430p.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE – Cidades. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm>. Acessado em 30/06/2015.
- JACQUES, A. V. A. (1997) Caracteres morfológicos e suas implicações no manejo In: CARVALHO, M. M; XAVIER D. F. CARVALHO L. DE A. *Capim-elefante: produção e utilização*. Juiz de Fora: EMBRAPA-CNPGL.

- KANNIKA, R.; YASUYUKI, I.; KUNN, K.; PICHIT, P.; PRAPA, S.; VITTAYA, P.; PILANEE, 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.
- LAVRES JÚNIOR, J. (2001) Combinação de doses de nitrogênio e potássio no capim-Mombaça. Piracicaba, Dissertação (Mestrado Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade de São Paulo, 103p.
- MAGALHÃES, J. A.; LOPES, E. A.; RODRIGUES, B. H. N.; COSTA, N. L.; BARROS, N. N.; MATTEI, D. A. (2006) Influência da adubação nitrogenada e da idade de corte sobre o rendimento forrageiro do capim-elefante. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, 37 (1): 91-96.
- MARSCHNER, H. (1995) *Mineral nutrition of higher plants*. London, Academic Press, 889p.
- MAZZARELLA, V. (2007) Jornada Madeira Energética- Capim Elefante como fonte de energia no Brasil: Realidade Atual e Expectativas. IPT-BNDS -Rio de Janeiro.
- MELLO, A. C. L.; LIRA, M. A.; DUBEUX JUNIOR, J. C. B. Degradação ruminal da matéria seca de clones de capim-elefante em função da relação folha/colmo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n.4, p.1316-1322, 2006.
- MONTEIRO, F.A.; LIMA, S.A.A.; WERNER, J.C. et al.(1980) Adubação potássica em leguminosa e capim-Colonião (*Panicum maximum* Jacq.) adubado com níveis de nitrogênio ou consorciado com leguminosas. *Boletim Indústria Animal*, 37: 127-148.
- MORAIS, R. F.; ZANETTI, J. B.; PACHECO, B. M.; JANTÁLIA, C. P.; BODDEY, R. C.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. (2009) Produção e qualidade da

biomassa de diferentes genótipos de capim-elefante cultivados para uso energético. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 4 (2).

MOREIRA, L. de M., FONSECA, D. M., MARTUSCELLO, J. A., NÓBREGA, E. B. da. (2008) Adubação fosfatada e níveis críticos de fósforo no solo para manutenção da produtividade do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* cv. Napier). *R. Bras. Zootec.*, 35 (3): 943-952 (supl.).

NORMAN, M. THANISCH, P. (1995). *Tecnologia de Banco de Dados Paralelo: Uma Avaliação e Comparação de sistemas escaláveis*. A Bloor Research Group, do Reino Unido.

NOVAIS, R.F., KAMPRATH, E.J. (1979). Parâmetros das isotermas de adubação de fósforo como critério de recomendação de adubação fosfatada. *R. Bras. Ci. Solo*, 3 (1):37-41.

OLIVEIRA, A. V. de. DAHER, R. F. MENEZES, B. R. DA S. GRAVINA, G. A., SOUSA, L. B. DE. GONÇALVES, A. C. DA OLIVEIRA, M. L. F. (2013) Avaliação do Desenvolvimento de 73 Genótipos de Capim-Elefante em Campos dos Goytacazes – RJ. *B. Industr. Anim.*70 (2): 11-131.

OLIVEIRA, E. DA SILVA. (2012) Variação de Caracteres Morfoagronômicos e da Qualidade da Biomassa em Seis Genótipos de Capim-elefante (*Pennisetum purpureum* schum.) em Função de Diferentes Doses de Nitrogênio e Análise da Viabilidade Econômica em Campos dos Goytacazes, RJ. Tese de Doutorado. Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 131p.

OLIVEIRA, E. da S.; DAHER, R. F.; PONCIANO, N.J.; GRAVINA, G. de A.; SANT'ANA, J. A. de A.; GOTTARDO, R. D.; MENEZES, B. R. da S.; SOUZA, P. M de.; SOUZA, C. L. M de.; SILVA, V. B da.; ROCHA, A. dos S.; NOVO, A. A. C. (2015) Variation of Morpho-gronomic and Biomass Quality Traits in Elephant Grass for Energy Purposes According to Nitrogen Levels. *American Journal of Plant Sciences*, 2015.

- PIMENTEL-GOMES, F. (2000) *Curso de estatística experimental*. 4.ed. Piracicaba: Nobel, 477p.
- PREZOTTI, L.C., DEFELIPO, B.V., ALVARES V., V.H. et al. (1988). Nível crítico de potássio no solo para a produção de mudas de eucalipto. *R. Bras. Ci. Solo*, 12(1):65-70.
- 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.
- 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 de 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.; BODDEY, R.t 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 – Embrapa Agrobiologia. Seropédica, RJ. Nov.
- RODRIGUES, L. R. de A.; PEDREIRA, J. V. S.; MATTOS, H. B. de. (1975) Adaptação ecológica de algumas plantas forrageiras. *Zootecnia*, Nova Odesa, 13 (4), 201-218.
- ROSSI, DRIELE APARECIDA. (2010) Avaliação morfoagronômica e da qualidade de biomassa de acessos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.)

para fins energéticos no Norte Fluminense. Mestrado - Produção Vegetal, Campos dos Goytacazes, 57f.

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. zotec.*, 30 (1): 18-23.

SANTOS, M. M. P. (2013) Otimização da adubação nitrogenada em três cultivares de capim-elefante para fins energéticos no sul do Espírito Santo. Tese de doutorado. Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 147p.

SANTOS, M. M.; DAHER, R. F.; PONCIANO, N. J.; GRAVINA, G. A.; PEREIRA, A. V.; SANTOS, C. L. (2014) Respostas do capim-elefante sob doses de adubação azotada de cobertura para fins energéticos. *Revista de Ciências Agrárias*.

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

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, 40 (9): 873-880.

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.

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: 5-102.

CAPÍTULO II. ANÁLISE ECONÔMICA DE GENÓTIPOS DE CAPIM-ELEFANTE
PARA PRODUÇÃO DE BIOMASSA PARA FINS ENÉRGICOS

RESUMO

NOVO, ANTONIO ALONSO CECON; D.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Novembro de 2015. Análise econômica de genótipos de capim-elefante para produção de biomassa para fins energéticos. Orientador: Prof. Rogério Figueiredo Daher D. Sc.

O capim-elefante possui elevada produção de matéria seca e tem sido muito utilizado como fonte de energia renovável. Neste contexto, o trabalho teve como objetivo avaliar a análise econômica de biomassa, de três genótipos de capim-elefante (Cubano Pinda – G1, IAC Campinas – G2 e Cameroon – G3) com duas dosagens de adubação química (100 kg ha^{-1} de N na forma de ureia e 50 kg ha^{-1} de K_2O na forma de cloreto de potássio), cultivado para fins energéticos. O experimento foi conduzido no Instituto Federal Fluminense – *campus* Bom Jesus do Itabapoana, RJ. O método utilizado na previsão econômica por genótipo foi de amostragem simples ao acaso para a dose de nitrogênio (N) e potássio. Para cada genótipo foram amostradas 48 plantas inteiras ao acaso, estas foram medidas, pesadas e secas. Foram analisadas as características produtivas e o intervalo de confiança do lucro, considerando o nível de 5% da probabilidade para a produção de matéria seca. Os genótipos de capim-elefante apresentaram diferença estatística no intervalo de confiança, para as características percentagem de matéria seca e largura da lâmina. Para o intervalo de confiança do lucro os três genótipos apresentaram no primeiro ano e no sexto ano, estimativas negativas tanto no limite inferior quanto no limite superior. Já a partir

do segundo ano até o quinto ano, todos os genótipos serão economicamente viáveis para a produção de matéria seca. E também o somatório dos seis anos de avaliação do lucro, todos os três genótipos apresentaram resultados positivos tanto no limite inferior quanto para o limite superior. Estes resultados mostram o elevado potencial de produção de biomassa dos genótipos em estudo, os quais podem ser mais uma fonte de renda para o agricultor.

Palavras-chave: *Pennisetum purpureum*, morfoagronômicas, intervalo de confiança e produção de matéria seca.

ABSTRACT

NOVO ANTONIO ALONSO CECON; D.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense. November, 2015. Economic analysis of elephant grass genotypes for production of biomass for energetic purposes.
Advisor: Prof. Rogério Figueiredo Daher D.Sc.

The elephant grass has a high dry matter production and has long been used as a source of renewable energy. In this context, the study aimed to assess the economic analyse of biomass production of three elephant grass genotypes (Cuban Pinda - G1, IAC Campinas - G2 and Cameroon - G3) with two chemical fertilizer dosages ($100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ and $50 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}$) cultivated for energy use. The experiment was conducted at the Instituto Federal Fluminense - *campus* Bom Jesus do Itabapoana, RJ. The method used in economic forecasting by genotype was simple random sampling for nitrogen doses (N) and potassium (K). For each genotype were sampled 48 entire plants at random that were measured, weighed and dried. The productive characteristics were analyzed and profit of the confidence interval, considering the 5% level of probability for the production of dry matter. The elephant grass genotypes showed statistical difference in the confidence average for the % characteristics of dry matter and leaf width. For profit of the confidence average of the three genotypes in the first year and sixth year showed negative results as in the lower limit as in the upper limit. And that from the second year until the fifth year, all genotypes will be economically viable for the production of dry matter. And the summation of six years of assessment of income, all three genotypes showed positive results both on edge inference as to the upper limit. These results

showed high potential for biomass production of the genotypes studied, which can be another source of income for the farmer.

Keywords: *Pennisetum purpureum*, agronomic, confidence average and dry matter production.

1. INTRODUÇÃO

De modo geral, não só o Brasil, mas o Mundo está demandando uma mudança nos padrões de consumo, na adoção de medidas para desacelerar o consumo de recursos naturais, na diminuição dos impactos ambientais devido ao crescimento e desenvolvimento rural e urbano, na redução de emissão dos gases de efeito estufa, visando suavizar os efeitos das mudanças climáticas. Para que essas mudanças ocorram entre as medidas propostas, está a utilização da energia de biomassa (Embrapa 2008). Nos últimos anos o capim-elefante tem despertado também o interesse do setor energético como uma possível fonte de energia renovável, por apresentar potencial para produção de carvão vegetal, biocombustível ou mesmo para combustão direta (Silva & Rocha, 2010; Strezov et al., 2008; Lee et al. 2010).

O capim-elefante é altamente eficiente na fixação de CO₂ (dióxido de carbono) atmosférico durante o processo de fotossíntese, para a produção de biomassa vegetal. Esta característica é típica de poaceas tropicais, com metabolismo fotossintético C₄, que desenvolvem 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). A produção de material energético oriundo da biomassa vegetal é especialmente importante em países tropicais

como o Brasil, onde há regime de chuvas abundante, temperaturas elevadas e pela disponibilidade de energia luminosa, e somado a isso, o fato de que a queima de biomassa, recicla o CO₂ retirado da atmosfera pela fotossíntese, ao contrário da queima de combustível fóssil (Quessada, 2005).

A queima da biomassa do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) foi proposta como alternativa para a produção de energia. O interesse energético por esta espécie despertou grandes consumidores e empresários de energia. O que tem chamado a atenção para o capim-elefante são aspectos como, alta produtividade, baixo custo e ciclo curto, quando comparado a outras culturas tradicionais como, por exemplo, o eucalipto (Osava 2007).

A sua inserção como fonte de energia renovável, do ponto de vista socioeconômico e ambiental, contribuindo significativamente para a agricultura, diminuindo os impactos ambientais provocados pelo uso predatório de florestas nativas. Esta prática tem causado danos ambientais, como o assoreamento e consequente destruição de diversos rios, uma vez que, o corte de árvores e a queima de combustíveis fósseis têm sido a fonte de energia no fornecimento de calor utilizada em cerâmicas, olarias ou caldeiras nesta região.

A importância da análise de viabilidade econômica do capim-elefante se fundamenta no fato de se poder medir a variação da produtividade visando o seu aumento com um mínimo de custo associado, otimizando assim o sistema como um todo. A viabilidade de um sistema de produção depende do adequado manejo na sua condução, fundamentada em análises econômicas dos insumos aplicados, para que se possa tomar a decisão mais apropriada.

Portanto, o produtor rural deve ter conhecimento de uma planilha que detalhe, não somente os gastos de uma safra, mas sim, que sirva como referência para construir suas próprias estruturas de custos, tendo condições de avaliar se a atividade agrícola está dando lucro ou prejuízo e um eventual ajuste dos recursos alocados.

O trabalho teve como objetivo fazer uma análise econômica de biomassa de três genótipos de capim-elefante (Cubano Pinda, IAC Campinas e Cameroon) sob duas dosagens de adubação, sendo uma de nitrogênio (N) e uma de potássio (K), cultivado para fins energéticos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização, Delineamento Experimental e Manejo do Experimento

O experimento foi conduzido no Setor de Bovinocultura do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Fluminense - *campus* Bom Jesus do Itabapoana, coordenadas UTM 223877 m E e 7660277 m N, zona 24K, altitude 84 m, com temperatura média anual de 23°C e precipitação média anual em torno de 1480 mm (IBGE, 2015).

O solo foi amostrado na profundidade de 0-20 cm para fazer análise granulométrica e química e apresentou: Areia 55,8%; Silte 13,6% e Argila 30,6%, pH em H₂O = 5,1; P = 3,0 mg dm⁻³; K = 36,0 mg dm⁻³; Na = 0,06 mg dm⁻³; Ca = 2,1 cmol dm⁻³; Mg = 1,3 cmol dm⁻³; Al = 0,1 cmol dm⁻³; H+Al = 1,7 cmol dm⁻³; CTC(t) = 3,7 cmol dm⁻³; CTC(T) = 5,3 cmol dm⁻³; S.B. = 3,6 cmol dm⁻³; V = 68 %; m = 3,0%, realizada pelo Laboratório de Física do Solo do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - Campus Dr. Leonel Miranda, sendo o solo classificado como Argissolo Vermelho Amarelo (Embrapa, 2013).

A calagem e a adubação química foram realizadas de acordo com a recomendação do Manual de Calagem e Adubação do Estado do Rio de Janeiro. 2. ed. (Freire et al., 2013).

O experimento foi conduzido em blocos casualizados (DBC), em um esquema de parcela subdivididas na ausência de irrigação com três genótipos de

capim-elefante: Cubano Pinda (G1), IAC Campinas (G2) e Cameroon (G3), sob duas doses de adubação química, sendo uma dose de adubação nitrogenada (100 kg ha^{-1} na forma de ureia) e uma dose de adubação potássica (50 kg ha^{-1} na forma de cloreto de potássio) com 3 repetições para cada genótipo (tratamento). Foram realizados 2 cortes, com intervalo de 365 dias cada.

O experimento foi instalado em 02 de outubro de 2012. O corte de uniformização foi feito em 12 de fevereiro de 2013 (decorridos 130 dias do plantio). O 1º corte de avaliação foi realizado em 12 de fevereiro de 2014 (365 dias após o corte de uniformização) e o 2º corte de avaliação foi realizado em 12 de fevereiro de 2015 (365 dias após o 1º corte de avaliação). Foi usada a média dos dois cortes para avaliar as características morfoagronômicas. E para estimar os outros quatro anos de produção foi com base nos dados de Xavier et al. (1998), que estudando nove genótipos de capim-elefante durante quatro anos, obtiveram uma equação de regressão linear de primeiro grau, que apresentou uma redução média anual de 11,75% na produção de matéria seca, em t ha^{-1} .

O plantio dos colmos, provenientes do Programa de Melhoramento da UENF, foi disposto em linha nos sulcos, no sistema pé com ponta, posteriormente fizeram-se os cortes dos colmos com aproximadamente 50 a 60 cm de tamanho dentro do sulco de plantio, os quais foram cobertos com 3 cm de solo.

Cada parcela foi formada por 9 linhas de 54 m linear cada uma, sendo que 3,0 m das extremidades de cada linha de plantio como bordadura e o espaçamento entre linhas foi de 1,50 m e cada bloco formado por 16 unidades experimentais de 3,0 m de extensão linear, totalizando 648 m^2 de área. A área útil de $2,25 \text{ m}^2$ foi obtida, retirando 0,75 m das extremidades de cada parcela, o que sobrou, 1,50 m, foi multiplicado pelo espaçamento de cada linha.

Para a instalação do experimento foi utilizado o sistema convencional de preparo do solo, com uma aração e duas gradagens. Após as operações de preparo do solo foram abertos sulcos de plantio. A adubação química de plantio foi efetuada com base nos resultados da análise química e no requerimento nutricional da espécie.

O controle das plantas invasoras foi realizado por meio de capina manual com enxada, realizada de acordo com a necessidade da cultura. A adubação de cobertura foi fracionada durante o ciclo da cultura por quatro vezes no período chuvoso de 2013 e 2014.

2.2. Custo de Produção

Os cálculos para o custo de produção do capim-elefante foram determinados em uma área com 648 m², baseando-se nos coeficientes técnicos de insumos e serviços (Santos, 2013). Para isso, multiplicou-se a quantidade consumida durante o ciclo da cultura, pelos seus respectivos valores unitários, expressos em moeda corrente, o real, coletados em 2013 e 2014, conforme Tabela 1. Assim, obteve-se o custo total, o somatório dos custos com insumos e serviços, por unidade de área, no sistema produtivo caracterizado. A partir desses dados, estimou-se o custo de produção de um hectare.

O preço de venda do capim-elefante pode ser calculado de acordo com Urquiaga et al. (2006), Mazzarella (2007) e Santos (2013), como base 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. Santos (2013), trabalhando com três genótipos de capim-elefante encontrou preço de venda por tonelada de matéria seca de R\$ 41,82.

Para efeito de cálculo, para o custo de produção da despesa, foi usada a dosagem de 100 kg ha⁻¹ de N e 50 kg ha⁻¹ de K. Com a utilização de altas dosagens de adubo o agricultor poderá arcar com aumentos significativos dos custos de produção, tornando-se inviável.

O produtor pode obter financiamento junto aos Bancos com linhas de créditos dos governos, tais como o PRONAF (Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar), que oferece linhas de créditos com juros de 2% ao ano e prazo de dez anos, sendo três de carência.

Tabela 1: Coeficientes técnicos para o custeio de 1,0 ha de capineira (Capim-elefante), para a produção de matéria seca t ha⁻¹.

Discriminação	Unidade	Quant.	Valor Unit. R\$	Valor 1º ano R\$	Valor 2º ano R\$	Valor 3º ano R\$	Valor 4º ano R\$	Valor 5º ano R\$	Valor 6º ano R\$
SERVIÇOS									
Abertura sulco	h/maquina	3	60,00	180,00	-	-	-	-	-
Adubação plantio	d/homens	1	40,00	40,00	-	-	-	-	-
Adubação cobertura	d/homens	1	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
Aração	h/maquina	3	60,00	180,00	-	-	-	-	-
Gradagem	h/maquina	2	60,00	120,00	-	-	-	-	-
Incorporação do adubo	d/homens	4	40,00	160,00	-	-	-	-	-
Corte de Mudas	d/homens	1	40,00	40,00	-	-	-	-	-
Plantio	d/homens	5	40,00	200,00	-	-	-	-	-
Colheita e transporte	d/homens	10	40,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00
Capina	d/homens	4	40,00	160,00					
Aplic. de herbicidas	d/homens	1	40,00	40,00					
SUB TOTAL				1.560,00	440,00	440,00	440,00	440,00	440,00
INSUMOS									
Cloreto de potássio	50 kg	2	93,33	186,66	186,66	186,66	186,66	186,66	186,66
Superfosfato simples	50 kg	6	61,78	370,68	-	-	-	-	-
Ureia	50 kg	4	80,25	321,00	321,00	321,00	321,00	321,00	321,00
Análise de Solo	UNID.	1	30,00	30,00	-	-	-	-	-
Herbicida	L	2	22,00	44,00	-	-	-	-	-
SUB TOTAL				952,34	507,66	507,66	507,66	507,66	507,66
TOTAL				2.512,34	947,66	947,66	947,66	947,66	947,66

Dados obtidos para o plantio realizado no IFF-Campus Bom Jesus do Itabapoana, 2013 e 2014.

2.3. Análises Estatísticas

Para realizar a avaliação das características morfoagronômicas, foram coletadas 48 plantas integrais de cada genótipo Cubano Pinda (G1), IAC Campinas (G2) e Cameroon (G3) utilizando o método de amostragem simples ao acaso, considerando o nível de 5% de probabilidade. As plantas foram medidas para a obtenção dos valores médios relacionados com as características: diâmetro do colmo, largura da lâmina e altura; em seguida as plantas foram pesadas e secas em uma estufa à temperatura de 65 °C sob circulação de ar forçado durante 72 horas. Após a secagem, as amostras foram novamente pesadas, moídas em um moinho do tipo Wiley, com malha de 1 mm e acondicionadas em vidros. Os teores de matéria seca foram obtidos mediante secagem em uma estufa com ventilação de ar forçado, a 105 °C durante 24 horas, servindo este parâmetro para expressar a produção de matéria seca em t ha⁻¹. Este procedimento foi realizado para avaliar a resposta de cada genótipo para dose de N e K. As características morfoagronômicas avaliadas foram: Produção de Matéria Seca (PMS); Percentagem de Matéria Seca (% MS); Número de Perfilhos por Metro (NPPM); Diâmetro Médio do Colmo (DC); Altura Média das Plantas (ALT) e Largura Média da Lâmina Foliar (LL).

Para a avaliação das características mencionadas as amostras foram obtidas segundo o método de amostragem simples ao acaso, considerando o nível de significância de 5% de probabilidade. Dessa forma (Cochran, 1965):

$$\bar{y}(ij) = \frac{\sum_{k=1}^{n_{ij}} y_{ijk}}{n_{ij}} \quad \text{eq.01}$$

\bar{y}_{ij} = média da amostra da característica i e genótipo j .

$$s_{ij}^2 = \frac{\sum_{k=1}^{n_{ij}} y_{ijk}^2 - \frac{(\sum_{k=1}^{n_{ij}} y_{ijk})^2}{n_{ij}}}{n_{ij} - 1} \quad \text{eq.02}$$

i = índice da característica, $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$;

j = índice do genótipo, $j = 1, 2, 3$;

k = índice da parcela, $k = 1, 2, \dots, 48$;

s_{ij}^2 = variância da amostra da característica i e genótipo j ;

n_{ij} = tamanho da amostra simples ao acaso para a característica i e genótipo j .

Para o dimensionamento de cada uma das amostras simples ao acaso, considerando $\alpha = 5\%$ de probabilidade, foi utilizada a fórmula:

$$n_{ijcal} = \frac{t_{tab}^2 * s_{ij}^2}{d_{ij}^2} \quad \text{eq.03}$$

Para $d_{ij} = 0,10 * \bar{y}_{ij}$

A amostra utilizada será denominada significativa se cada $n_{ij} \geq n_{ijcal}$ para $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ e $j = 1, 2, 3$.

O fato de a amostra ser significativa é importante porque só assim é possível inferir na população da variável amostrada.

De posse dos valores \bar{y}_{ij} e s_{ij}^2 , considerando sempre a população infinita, foram determinados os intervalos de confiança para as médias populacionais das características e genótipos, em 95% de probabilidade.

$$\bar{y}_{ij} - t_{tab} \sqrt{\frac{s_{ij}^2}{n_{ij}}} \leq \bar{Y}_{ij} \leq \bar{y}_{ij} + t_{tab} \sqrt{\frac{s_{ij}^2}{n_{ij}}} \quad \text{eq.04}$$

$$t_{tab} = t\left(\frac{\alpha}{2}\right) (n_{ij} - 1) \text{ g.l.} \quad \text{eq.05}$$

Os intervalos de confiança da média populacional permitem que se façam exercícios para N_{ij} , em que N_{ij} = tamanho da população infinita e que pode ser tratada como população infinita ($n_{ij} < 0,05 N_{ij}$).

$$Y_{ij} = N_{ij} * \bar{Y}_{ij} \quad \text{eq.06}$$

$$N_{ij} \left(\bar{Y}_{ij} - t_{\text{tab}} \sqrt{\frac{S_{ij}^2}{n_{ij}}} \right) \leq Y_{ij} \leq N_{ij} \left(\bar{Y}_{ij} + t_{\text{tab}} \sqrt{\frac{S_{ij}^2}{n_{ij}}} \right) \quad \text{eq.07}$$

$$\bar{Y}_{ij} - t_{\text{tab}} N_{ij} \sqrt{\frac{S_{ij}^2}{n_{ij}}} \leq Y_{ij} \leq \bar{Y}_{ij} + t_{\text{tab}} N_{ij} \sqrt{\frac{S_{ij}^2}{n_{ij}}} \quad \text{eq.08}$$

Os resultados obtidos foram apresentados e discutidos até o ponto de informar aos interessados, o quanto o plantio de um genótipo pode ser rentável ou não, considerando a produção de matéria seca em $t \text{ ha}^{-1}$.

Todo estudo foi realizado por meio de intervalo de confiança, considerando o nível de 5% de probabilidade. As amostras simples ao acaso foram dimensionadas para o nível de significância estabelecido, considerando um desvio de 10% em torno da média da amostra.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Intervalo de Confiança para a Produção de Matéria Seca

Os intervalos de confiança para a média populacional da produção de matéria seca dos três genótipos estão apresentados na Tabela 2 e/ou Figura 1. Os valores médios de produção de matéria seca foram estatisticamente iguais entre si, no intervalo de confiança em nível de 5% de probabilidade. No dimensionamento amostral, as amostras foram representativas de população infinita considerando o nível de significância de 5% e um desvio de 10% da média da amostra. Assim sendo, os intervalos de confiança têm uma probabilidade igual a 95% de conter as verdadeiras médias populacionais na produção de biomassa, para as características analisadas no presente estudo.

Os genótipos, Cubano Pinda e IAC Campinas foram os que apresentaram os maiores limites superiores e inferiores e o genótipo Cameroon o menor limite superior e inferior do intervalo de confiança para a produção de matéria seca, em nível de 5% de probabilidade (Tabelas 2 e 3 e Figura 1).

A produção de matéria seca obtida nos três genótipos, Cubano Pinda, IAC Campinas e Cameroon foi de 52,66; 50,60 e 48,57 t ha⁻¹, respectivamente, foram superiores em comparação ao encontrado por Rossi (2010), no qual trabalhou com os três genótipos, e obteve produção de 21,19, 25,67 e 24,71 t ha⁻¹ de matéria seca, respectivamente, em um intervalo de corte de 10 meses. Rossi et. al.(2014) em Campos dos Goytacazes, encontraram produção média de matéria

seca de 36,96 t ha⁻¹, inferior ao encontrado nesse trabalho. Santos et. al. (2014), em Alegre ES, avaliando a produção de matéria seca de três genótipos de capim-elefante, encontraram 26,7 t ha⁻¹, em um intervalo de corte de 10 meses e com três cortes. Barbé (2012) trabalhando com seis genótipos obteve produtividade de 37,34 t ha⁻¹, para o Cubano Pinda, em um intervalo de corte de 6 meses. Zanetti et al. (2010) encontraram produção média de matéria seca em dois genótipos de 52,30 t ha⁻¹ em um período de 10 meses.

O genótipo Cameroon produziu 48,57 t ha⁻¹ de matéria seca. Leite (2000) obteve uma produção de matéria seca de 27,7 t ha⁻¹ com a idade de corte de aproximadamente 4 meses para o genótipo Cameroon.

Tabela 2: Intervalo de confiança para a média populacional em dois anos da característica Produção de Matéria Seca (t ha⁻¹), para três genótipos de capim-elefante em nível de 5% de probabilidade.

Genótipos	Limite inferior	Média	Limite superior
Cubano Pinda	49,32	52,66	55,89
IAC Campinas	47,37	50,60	53,88
Cameroon	46,16	48,57	50,98

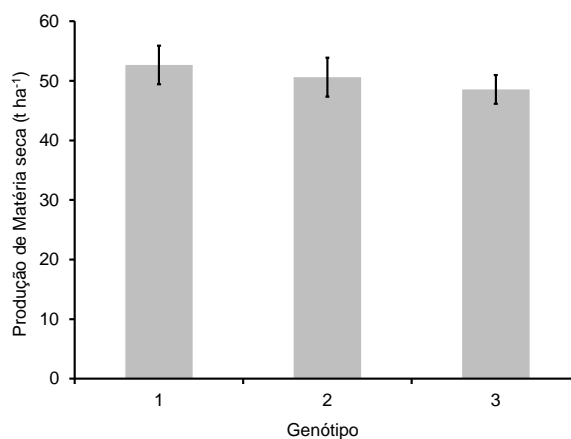


Figura 1. Representação gráfica dos Intervalos de confiança, em nível de 5% de probabilidade para Produção de Matéria Seca em t ha⁻¹ de três genótipos de Capim-elefante: Cubano Pinda (1), IAC Campinas (2) e Cameroon (3). As amostras foram obtidas segundo o método de amostragem simples ao acaso, considerando o nível de significância de 5% de probabilidade, conforme Cochran, (1965). As barras referem-se ao intervalo de confiança da média populacional e a sobreposição das mesmas indica igualdade estatística, ou seja, aceitação de Ho.

Parente et al. (2012) encontraram produtividade média de matéria seca de 20,88 t ha⁻¹ com uma dosagem de 100 kg ha⁻¹ de N, em um período de seis meses. Oliveira (2012) encontrou produção média de matéria seca em seis

genótipos de 35,03 t ha⁻¹ em um período de 10 meses. Os resultados encontrados neste trabalho são superiores aos dos autores pesquisados, mostrando que houve um incremento na produção de matéria seca com o aumento do intervalo de corte.

O genótipo Cameroon embora tenha uma produção menor, mas não diferenciou estatisticamente dos genótipos Cubano Pinda e IAC Campinas, proporcionando uma produção média de matéria seca de 48,57 kg ha⁻¹ano⁻¹, resultado semelhante ao encontrado por Morais et al. (2009) com uma produção média de 44,7 t ha⁻¹, porém com ciclo de cultivo de 18 meses.

As doses de N e K, não promoveram efeito significativo na produção de matéria seca dos genótipos estudados possivelmente pelo motivo do efeito ter sido diluído durante o ciclo de um ano, diferentemente do trabalho do Andrade et al. (2000), nos quais utilizando doses de nitrogênio e de potássio, com um ciclo de 54 dias, obtiveram efeito do N e K sobre a produção de matéria seca.

Analisando dados de produção para nove genótipos de capim-elefante durante quatro anos, obteve-se uma equação de regressão linear de primeiro grau, que apresentou uma redução média anual de 11,75% na produção de matéria seca, em t ha⁻¹, Xavier et al. (1998).

Os resultados obtidos nas características percentagem de matéria seca, número de perfilhos, altura, diâmetro do colmo e largura da lâmina são importantes por permitir a inferência nas produções de matéria seca, validando assim, as conclusões que serão estabelecidas nas análises por intervalo de confiança, para as características estudadas. Assim sendo, os intervalos de confiança que serão apresentados nas Figuras 2, 3, 4, 5 e 6, têm uma probabilidade igual a 95% de conter as médias populacionais por genótipo, para as características analisadas no presente estudo.

Segundo Menezes et al. 2014, pode-se obter maior produção de matéria seca em genótipos de capim-elefante selecionando-se diretamente plantas com maiores alturas e diâmetro do colmo. Ao selecionar plantas de maiores números de perfilhos, poderá ocorrer aumento da altura e, com isto, indiretamente maior produção de matéria seca.

O genótipo Cubano Pinda foi o que apresentou os melhores resultados no intervalo de confiança da receita no limite superior e inferior (tabela 4), refletindo no intervalo de confiança para o lucro (tabela 5), isso provavelmente ocorreu

devido à maior produção de matéria seca. Esses resultados são muito promissores e asseguram o uso do capim-elefante como uma fonte alternativa de energia pela queima direta da biomassa, com baixo custo energético de produção.

Para os três genótipos o limite inferior e superior dos intervalos de confiança do lucro no primeiro ano e no sexto ano estimado de produção (tabela 5), apresentaram resultados negativos, para a produção de matéria seca. Porém, não pode afirmar que esses genótipos darão lucro, em nível de 5% de probabilidade no primeiro e sexto ano. Sendo assim, todos os genótipos a partir do segundo ao quinto ano de produção, no intervalo de confiança do lucro apresentaram resultados positivos, tanto para o limite inferior quanto para o limite superior. E também o somatório dos seis anos de avaliação do lucro, todos os três genótipos apresentaram resultados positivos tanto no limite inferior quanto para o limite superior, portanto, são economicamente viáveis para a produção de matéria seca, em nível de 5% de probabilidade.

A importância da amostra significativa para uma população infinita de plantas é permitir concluir que as amostras foram obtidas ao acaso, onde a área e o entorno do local encontram-se nas mesmas condições de solo, clima, temperatura e relevo.

A agricultura familiar no Brasil é responsável por mais de 40% do valor bruto da produção agropecuária (Heck, 2015), portanto o plantio do capim-elefante pode ser feito pelos agricultores, já que pode ser plantado em pequenas áreas e gerar renda, pois os itens que mais oneram a produção, principalmente os relacionados à mão de obra e insumos, já que mão de obra é feita pela própria família, significam menor custo de produção no quesito preço da mão de obra. Ele pode contar também, com o financiamento do PRONAF para custear a produção, oferecendo assim, mais uma fonte de renda.

Tabela 3: Estimativa do intervalo de confiança para a média populacional da característica Produção de Matéria Seca ($t\ ha^{-1}$), para três genótipos de capim-elefante, em nível de 5% de probabilidade, durante o ciclo de seis anos, considerando uma redução média anual de 11,75% na produção de matéria seca $t.ha^{-1}$ (Xavier et al., 1998), em Bom Jesus do Itabapoana RJ.

Genótipo	Ano 1		Ano 2		Ano 3		Ano 4		Ano 5		Ano 6		n
	LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS	
Cubano Pinda	49,43	55,89	43,62	49,32	37,81	42,75	32,00	36,18	26,19	29,62	20,38	23,05	28,34
IAC Campinas	47,32	53,88	41,75	47,54	36,19	41,21	30,63	34,88	25,07	28,55	19,51	22,22	24,76
Cameroon	46,16	50,98	40,50	44,98	34,84	38,99	29,18	33,00	23,52	27,01	17,86	21,02	17,52

(LI) Limite Inferior, (LS) Limite Superior e (n) tamanho ideal da amostra.

Tabela 4: Estimativa de resultados do Intervalo de confiança para receita (R\$) para média populacional da característica Produção de Matéria Seca, para três genótipos de capim-elefante em nível de 5% de probabilidade, durante o ciclo de seis anos, em Bom Jesus do Itabapoana RJ.

Genótipo	Ano 1		Ano 2		Ano 3		Ano 4		Ano 5		Ano 6	
	LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS
Cubano Pinda	2.067,16	2.337,31	1.824,18	2.062,56	1.581,21	1.787,80	1.338,24	1.513,04	1.095,26	1.238,70	852,29	963,95
IAC Campinas	1.978,92	2.253,26	1.745,98	1.988,12	1.638,92	1.723,40	1.280,94	1.458,68	1.048,42	1.193,61	815,90	929,24
Cameroon	1.930,41	2.131,98	1.693,71	1.881,06	1.457,00	1.630,56	1.220,30	1.380,06	983,60	1.129,55	746,90	879,05

(LI) Limite Inferior e (LS) Limite Superior.

Tabela 5: Estimativa de resultados do Intervalo de confiança para o lucro (R\$) para média populacional da característica Produção de Matéria Seca ($t\ ha^{-1}$), para três genótipos de capim-elefante em nível de 5% de probabilidade, durante o ciclo de seis anos, em Bom Jesus do Itabapoana RJ.

Genótipo	Ano 1		Ano 2		Ano 3		Ano 4		Ano 5		Ano 6		Somatório (Σ)	
	LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS
Cubano Pinda	-445,18	-175,03	876,52	1.114,90	640,14	840,14	390,58	565,38	147,60	291,04	-95,37	-10,71	1.514,29	2.625,72
IAC Campinas	-533,42	-259,08	798,32	1.040,46	691,26	775,74	333,28	511,02	100,76	245,95	-131,76	-18,42	1.258,44	2.295,67
Cameroon	-581,93	-380,36	746,05	933,40	509,34	682,90	272,64	432,40	35,94	181,89	-200,76	-68,61	781,28	1.781,62

Limite Inferior (LI), Limite Superior (LS) e Somatório dos seis anos (Σ).

3.2. Intervalo de Confiança para a Percentagem de Matéria Seca

As médias e os intervalos de confiança, para a percentagem de produção de matéria seca, dos três genótipos estão apresentados na Figura 2. Observou-se que o IAC Campinas superou o Cubano Pinda, entretanto, o IAC Campinas não diferiu do Cameroon, pelo intervalo de confiança, em nível de 5% de probabilidade.

Nesse trabalho foram encontrados percentagem de matéria seca de 32,41%; 33,78% e 33,44% para os genótipos, Cubano Pinda, IAC Campinas e Cameroon, respectivamente, Tabela 6. Ao avaliar o potencial de genótipos de capim-elefante Rossi (2010), encontrou percentagem de matéria para o genótipo Cubano Pinda, IAC Campinas e Cameroon de 37,34%; 25,67% e 24,71%, respectivamente, com intervalo de corte de 10 meses. Rossi et al. (2014), encontraram em 40 genótipos, média de 37,15%, corroborando com esse trabalho com média de 33,21%. Sinalizando que, quando o capim-elefante tem um intervalo de corte maior, proporciona um aumento na percentagem de matéria seca, que vai refletir na produção de matéria seca por hectare.

Oliveira (2012) e Barbé (2012) em Campos dos Goytacazes encontraram em seis genótipos de capim-elefante média de 32,24% e 36,08%, com ciclo de 10 e 6 meses, respectivamente. Santos et al. (2014) encontraram em três genótipos média de 35,81% e 25,36% de matéria seca, obtida no 2^o e 3^o corte com ciclo de 10 e 6 meses, respectivamente, usando uma dosagem de 500 kg ha⁻¹ de N. Essa característica é muito importante, pois está diretamente relacionada à capacidade de combustão da matéria vegetal disponível no exato momento do corte. Os teores de matéria seca observados, comparados com os resultados encontrados por Souza Sobrinho *et al.* (2005), confirmam que há um incremento de matéria seca quando se aumenta o intervalo de corte.

Tabela 6: Intervalo de confiança para a média populacional da característica Percentagem de Matéria Seca (%), para três genótipos de capim-elefante em nível de 5% de probabilidade.

Genótipos	Limite inferior	Média	Limite superior
Cubano Pinda	31,84	32,41	32,98
IAC Campinas	33,16	33,78	34,40
Cameroon	32,95	33,44	33,93

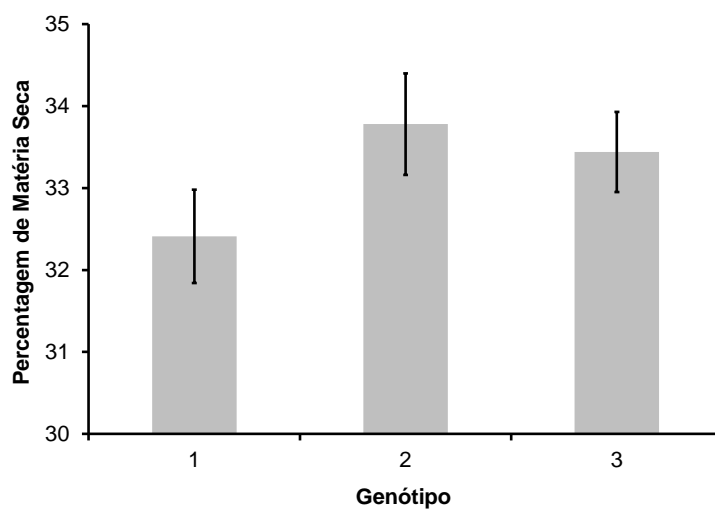


Figura 2. Representação gráfica dos Intervalos de confiança, em nível de 5% de probabilidade para Percentagem de Matéria Seca em $t \text{ ha}^{-1}$ de três genótipos de Capim-elefante: Cubano Pinda (1), IAC Campinas (2) e Cameroon (3). As amostras foram obtidas segundo o método de amostragem simples ao acaso, considerando o nível de significância de 5% de probabilidade, conforme Cochran, (1965). As barras referem-se ao intervalo de confiança da média populacional e a sobreposição das mesmas indica igualdade estatística, ou seja, aceitação de H_0 .

3.3. Intervalo de Confiança para o Número de Perfilhos

Os valores médios com os respectivos intervalos de confiança dos três genótipos avaliados para a característica do número de perfilhos, em nível de 5% de probabilidade, estão representados na Tabela 7 e Figura 3. Os genótipos avaliados não diferiram estatisticamente entre si, ($P > 0,05$) de probabilidade. O número de perfilhos é uma característica importante e

apresenta efeito direto na produção de matéria seca para fins energéticos (Menezes et al., 2014).

Tabela 7: Intervalo de confiança para a média populacional da característica Número de Perfilhos por Metro Linear, para três genótipos de capim-elefante em nível de 5% de probabilidade.

Genótipos	Limite inferior	Média	Limite superior
Cubano Pinda	22,95	24,18	25,41
IAC Campinas	24,04	25,84	27,64
Cameroon	22,80	23,75	24,70

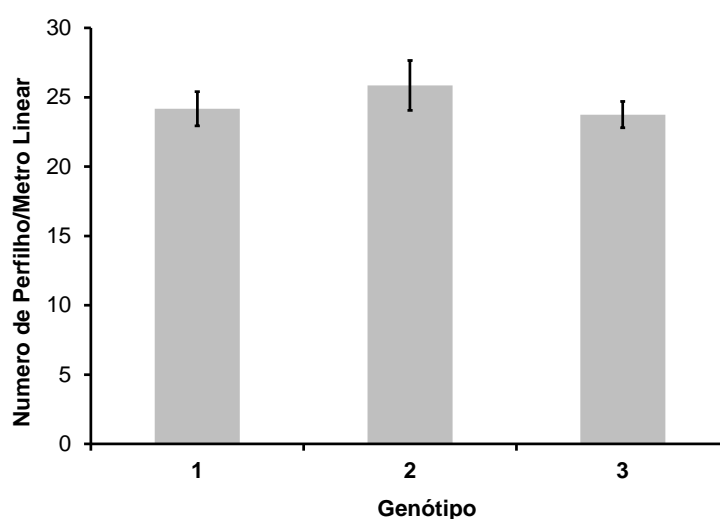


Figura 3. Representação gráfica dos Intervalos de confiança, em nível de 5% de probabilidade para o Número de Perfilhos por Metro Linear de três genótipos de Capim-elefante: Cubano Pinda (1), IAC Campinas (2) e Cameroon (3). As amostras foram obtidas segundo o método de amostragem simples ao acaso, considerando o nível de significância de 5% de probabilidade, conforme Cochran, (1965). As barras referem-se ao intervalo de confiança da média populacional e a sobreposição das mesmas indica igualdade estatística, ou seja, aceitação de H_0 .

A média obtida do número de perfilhos foi de 24,59, menor que a obtida por Santos et al. (2014), com média de 26,33, e também menor que a encontrada por Rossi et al. (2014), de 32,30, que observaram que os indivíduos mais produtivos tiveram elevado número de perfilhos e 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, Santos et al. (2014).

3.4. Intervalo de Confiança para a Altura

Para a característica altura, não houve diferença estatística entre os genótipos em nível de 5% de probabilidade. Os valores encontrados para esta característica, para os genótipos, Cubano Pinda, IAC Campinas e Cameroon foram de 3,06; 3,06 e 2,99 m, respectivamente, Tabela 8 e Figura 4. Rossi (2010), em seu estudo na região de Campos dos Goytacazes, encontrou altura de 3,3 e 3,0 m, para os genótipos IAC Campinas e Cameroon, respectivamente, e para o genótipo Cubano Pinda, valor inferior de 2,5 m, demonstrando que existe uma variabilidade nos genótipos, quando eles são plantados em municípios diferentes, embora pertencendo ao mesmo Estado.

A média do parâmetro altura obtida nos genótipos foi inferior à obtida por Oliveira (2013), pois em seus trabalhos a altura média das cultivares estudada foi de 3,54 m e superior à média encontrada por Rossi et al. (2014) de 2,70 m. Alguns trabalhos têm demonstrado que existem 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). Ao selecionar plantas de maiores NPPM, poderá ocorrer aumento da ALT e, com isto, indiretamente maior PMS, Menezes et al. (2014).

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 consequente redução na produtividade (Nabinger, 1997), aceleração na taxa de senescência foliar, inibição do perfilhamento, ramificações e aceleração da morte dos perfilhos

estabelecidos, bem como, atraso no crescimento e no desenvolvimento da planta.

Tabela 8: Intervalo de confiança para a média populacional da característica Altura da planta (m), para três genótipos de capim-elefante em nível de 5% de probabilidade.

Genótipos	Limite inferior	Média	Limite superior
Cubano Pinda	2,99	3,06	3,13
IAC Campinas	3,01	3,06	3,11
Cameroon	2,95	2,99	3,04

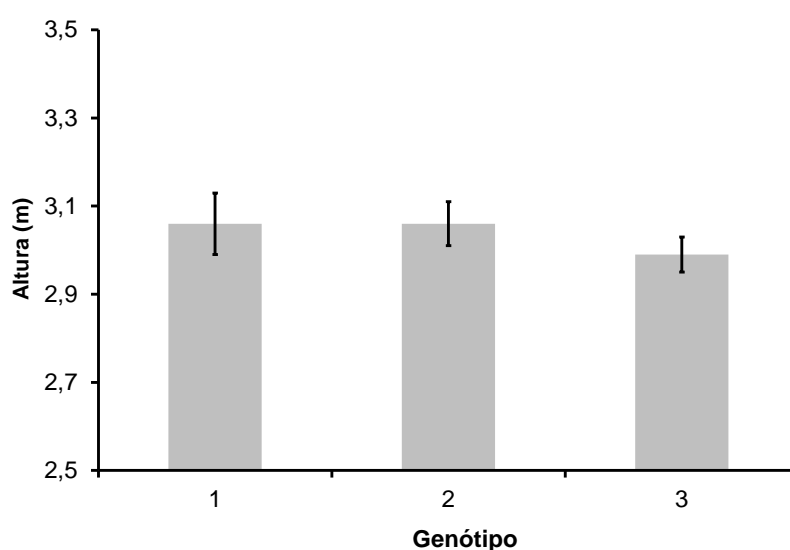


Figura 4. Representação gráfica dos Intervalos de confiança, em nível de 5% de probabilidade para a Altura de três genótipos de Capim-elefante: Cubano Pinda (1), IAC Campinas (2) e Cameroon (3). As amostras foram obtidas segundo o método de amostragem simples ao acaso, considerando o nível de significância de 5% de probabilidade, conforme Cochran, (1965). As barras referem-se ao intervalo de confiança da média populacional e a sobreposição das mesmas indica igualdade estatística, ou seja, aceitação de H_0 .

3.5. Intervalo de Confiança para o Diâmetro do Colmo

Para a característica diâmetro do colmo, não houve diferença entre os genótipos avaliados, em nível de 5% de probabilidade, tabela 9 e Figura 5. O genótipo IAC Campinas apresentou maiores valores para o diâmetro do colmo e também para a produção de matéria seca, em relação aos genótipos, Cubano Pinda e Cameroon.

Os valores do diâmetro de colmo, variaram de 1,42, 1,47 e 1,46 cm, para os genótipos Cubano Pinda, IAC Campinas e Cameroon, respectivamente, obtendo uma média geral de 1,45 cm, que foi inferior à encontrada por Ferreira et al. (2013), Santos et al. (2014) e Rossi et al. (2014) com média de 1,54 cm; 1,65 cm e 1,72 cm, respectivamente. 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.

Tabela 9: Intervalo de confiança para a média populacional da característica Diâmetro do Colmo (cm), para três genótipos de capim-elefante em nível de 5% de probabilidade.

Genótipos	Limite inferior	Média	Limite superior
Cubano Pinda	1,40	1,42	1,44
IAC Campinas	1,44	1,47	1,50
Cameroon	1,44	1,46	1,48

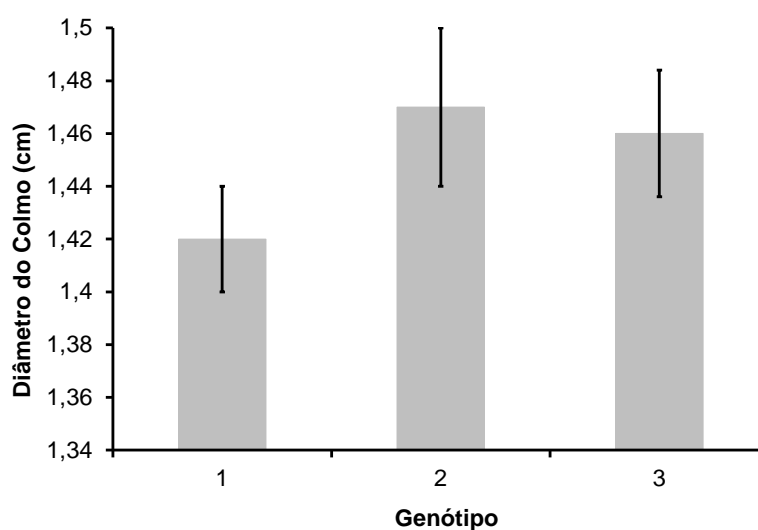


Figura 5. Representação gráfica dos Intervalos de confiança, em nível de 5% de probabilidade para o Diâmetro do Colmo de três genótipos de Capim-elefante: Cubano Pinda (1), IAC Campinas (2) e Cameroon (3). As amostras foram obtidas segundo o método de amostragem simples ao acaso, considerando o nível de significância de 5% de probabilidade, conforme Cochran, (1965). As barras referem-se ao intervalo de confiança da média populacional e a sobreposição das mesmas indica igualdade estatística, ou seja, aceitação de H_0 .

3.6. Intervalo de Confiança para a Largura da Lâmina Foliar

Para a característica largura da lâmina foliar o genótipo IAC Campinas foi superior ao Cameroon, mas não diferiu do Cubano Pinda, em nível de 5% de probabilidade. O genótipo IAC Campinas apresentou a maior largura tanto no limite inferior (4,33 cm) quanto no limite superior (4,53 cm) em relação ao genótipo Cameroon, Tabela 10 e Figura 6.

Tabela 10: Intervalo de confiança para a média populacional da característica Largura da Lâmina (cm), para três genótipos de capim-elefante em nível de 5% de probabilidade.

Genótipos	Limite inferior	Média	Limite superior
Cubano Pinda	4,23	4,31	4,39
IAC Campinas	4,33	4,43	4,53
Cameroon	4,14	4,22	4,30

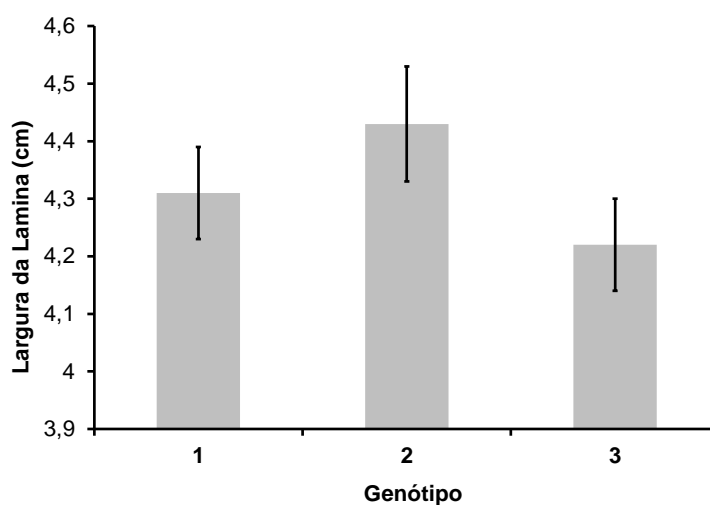


Figura 6. Representação gráfica dos Intervalos de confiança, em nível de 5% de probabilidade para a Largura da Lâmina de três genótipos de Capim-elefante: Cubano Pinda (1), IAC Campinas (2) e Cameroon (3). As amostras foram obtidas segundo o método de amostragem simples ao acaso, considerando o nível de significância de 5% de probabilidade, conforme Cochran, (1965). As barras referem-se ao intervalo de confiança da média populacional e a sobreposição das mesmas indica igualdade estatística, ou seja, aceitação de H_0 .

De acordo com Mello et al. (2006), analisando clone de capim-elefante em Pernambuco, constataram que a produção de lâmina foliar tem relação

positiva com altura da planta, indicando que as plantas com maior produção de folhas tendem a apresentar maior produção de matéria seca e altura de planta.

Oliveira (2012) e Santos (2013), encontraram largura média de 4,71 cm e 4,46 cm, respectivamente, tendo estreita relação ao encontrado nesse trabalho de 4,32 cm.

Dessa forma, pode-se observar que todos os genótipos apresentam potencial para o aspecto produção de biomassa. 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 como o apresentado nesse trabalho. Diferentemente foi relatado por Menezes et. a (2014), que em seu trabalho, o efeito direto da LL sobre a PMS foi negativo.

4. CONCLUSÕES

Para o intervalo de confiança do lucro os três genótipos apresentaram no primeiro ano e no sexto ano resultados negativos tanto no limite inferior quanto no limite superior. E o somatório dos seis anos todos os três genótipos apresentaram resultados positivos tanto no limite inferior quanto no superior, portanto, serão economicamente viáveis para a produção de matéria seca.

Mesmo que alguns genótipos não tenham diferido estatisticamente entre si, quanto às características morfoagronômicas avaliadas, os resultados encontrados são promissores e demonstram o potencial de utilizá-los como fonte alternativa de energia através da queima direta da biomassa.

Estes resultados demonstram também o elevado potencial de produção de biomassa dos genótipos de capim-elefante estudados, os quais podem se constituir em mais uma fonte de renda para o agricultor.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, A. C.; FONSECA, D. M.; FONSECA, D. M. da.; GOMIDE, J. A.; ALVAREZ, V. H.; MARTINS, C. E.; SOUZA, D. P. H. de. (2000). Produtividade e valor nutritivo do capim-elefante cv. Napier sob doses crescentes de nitrogênio e potássio. *R. Bras. Zootec.*, 39 (10): 2132-2140.
- BARBÉ, T. DA SILVA. (2012) Variações de Caracteres Morfoagronômicos, Fisiológicos e da Qualidade da Biomassa Energética de Capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) em Função da Idade da Planta. Tese de Doutorado.
- BARBOSA, D. H. S. G.; VIEIRA, H. D.; SOUZA, R. M. (2008) Avaliação em campo de cultivares de *Coffea arábica* em áreas isenta ou infestada por *Meloidogyne exigua* na região noroeste fluminense. *Formação da lavoura. Nematologia Brasileira*, Piracicaba, 32(2):101-110.
- BHATTI, M.B.; MOHAMMAD, D.; SARTAJ e SULTANI, M.I. (1985) - Effect of different interand intra-row spacings on forage yield and quality in elephant grass. *Pakistan Journal of Agriculture Research*, 6 (2): 107-112.

- COCHRAN, W. G. (1965) *Técnicas de amostragem*. Rio de Janeiro, Editora Fundo de Cultura e USAID.
- EMBRAPA AGROENERGIA. (2008) *Focando em soluções: da biomassa à energia*. Plano Diretor Da Embrapa Agroenergia Brasília, DF.
- EMBRAPA. (2013) *Sistema Brasileiro de Classificação de Solo*. 3ª edição. 353 p .
- FERREIRA, G. D.G.; SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; MELO, A. C. L.; ALMEIDA, O. C.; RIBEIRO, C, R.; OIVEIRA, R. L.; PALMIERI, A. (2013). Características quantitativas e qualitativas de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) clones nas terras semi-áridas de Pernambuco (Brasil). *Rev Colomb Cienc Pecu* 26: 1523.
- HECK, S. (2015). A força da agricultura familiar. Disponível em: <http://www.mds.gov.br/saladeimprensa/migracao/noticias/artigo-a-forca-da-agricultura-familiar>. Acesso em 30/05/2015.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE – Cidades. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm>. Acesso em: 30/06/2015.
- KRAMER, P.J. (1983). *Water relations of plants*. New York: Academic Press. 489p.
- LEE, M. K.; TSAI, W. T, TSAI, Y. L.; LIN, S. H. (2010). A pirólise de capim napier em um reator de aquecimento por indução. *J. Anal. Appl.*88 (2):. 110-116.

- LEITE, R.M.B.; FILHO, J.L.Q. e SILVA, D.S. (2000) - Produção e valor nutritivo do capim-elefante cultivar Cameroon em diferentes idades. *Agropecuária Técnica*, 21 (1/2).
- LEMUS, R.; BRUMMER, E.C.; MOORE, K.J.; MOLSTOD, E.; BURRRAS, C.L. e BAKER, M. (2002) - Biomass yield and quality of 20 switchgrass populations in southern Iowa, USA: *Biomass and Bioenergy*, 23 (6): 433-442.
- MAZZARELLA, V. (2007) Jornada Madeira Energética- Capim Elefante como fonte de energia no Brasil: Realidade Atual e Expectativas. IPT-BNDS -Rio de Janeiro.
- MELLO, A. C. L de; LIRA, M. de A.; BATISTA, J. C.; JÚNIOR, D.; SANTOS, M. V. F. dos; FREITAS, E. V. de. (2002) Caracterização e Seleção de Clones de Capim- Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) na Zona da Mata de Pernambuco. *R. Bras. Zootec.*, 31 (1): 30-42.
- MELLO, A. C. L.; LIRA, M. A.; DUBEUX JUNIOR, J. C. B. (2006) Degradação Ruminal da Matéria Seca de Clones de Capim-elefante em Função da Relação Folha/colmo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35 (4): 1316-1322.
- MENEZES, B. R. S.; DAHER, R. F.; GRAVINA, G. A.; AMARAL JUNIOR, A. T. do.; OLIVEIRA, A. V.; SCHNEIDER, L. S. A.; SILVA, V. B. (2014) Correlações e Análise de Trilha em Capim-elefante para Fins Energéticos. *Agrária, Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 9 (3).
- MORAIS, R. F.; Zanetti, J. B.; Pacheco, B. M.; Jantália, C. P.; Boddey, R. C.; Alves, B. J. R.; Urquiaga, S. (2009) Produção e qualidade da biomassa de diferentes genótipos de capim-elefante cultivados para uso energético. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 4 (2).

- 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.
- NABINGER, C.; MEDEIROS, R. B. (1995) 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, 59-128.
- OLIVEIRA, A. V. de. DAHER, R. F. MENEZES, B. R. DA S. GRAVINA, G. A., SOUSA, L. B. DE. GONÇALVES, A. C. DA OLIVEIRA, M. L. F. (2013) Avaliação do Desenvolvimento de 73 Genótipos de Capim-Elefante em Campos dos Goytacazes – RJ. *B. Indústr. Anim.* 70 (2): 11-131
- OLIVEIRA, E. DA SILVA. (2012) Variação de Caracteres Morfoagronômicos e da Qualidade da Biomassa em Seis Genótipos de Capim-elefante (*Pennisetum purpureum* schum.) em Função de Diferentes Doses de Nitrogênio e Análise da Viabilidade Econômica em Campos dos Goytacazes, RJ. Tese de Doutorado. Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 131p.
- OSAVA, M. (2007) Capim elefante, novo campeão em biomassa no Brasil. Agrosoft Brasil. Disponível em: www.agrosoft.org.br/?q=node/26484. Acessado em: 27/04/2008.

- PARENTE, H. N.; BANDEIRA, J. R.; RODRIGUES, R. C.; OLIVEIRA, M.; PARENTE, M.; TOSTA, X. M.; SILVA JUNIOR, O. R. (2012) Crescimento e valor nutritivo do capim- elefante submetido à adubação orgânica e mineral. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)*, 2 (2): 132-141, Dezembro.
- 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.
- ROSSI, D. A. (2010) Avaliação morfoagronômica e da qualidade de biomassa de acessos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) para fins energéticos no Norte Fluminense. 57f., il. Mestrado - Produção Vegetal., Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, Campos dos Goytacazes.
- ROSSI, D. A.; MENEZES, B. R da S.; DAHER, R. F.; GRAVINA, G. de A.; LIMA, R. S. N. DE.; LEDO, F. da S.; GOTTARDO, R. D.; CAMPOSTRINI, E. (2014) Correlações canônicas em capim-elefante para fins energéticos. *African Journal of Biotechnology*, 13.
- SANTOS, M. M. P. (2013) Otimização da adubação nitrogenada em três cultivares de capim-elefante para fins energéticos no sul do Espírito Santo. Tese de doutorado. Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 147p.
- SANTOS, M. M. P.; DAHER, R. F.; PONCIANO, N. J.; GRAVINA, G. A.; PEREIRA, A. V.; SANTOS, C. L. (2014) Respostas do capim-elefante sob doses de adubação azotada de cobertura para fins energéticos. *Revista de Ciências Agrárias*.

- SILVA, A.L.C.; SANTOS, M.V.F.; DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; LIRA, M.A.; FERREIRA, R.L.C.; FREITAS, E.V.; CUNHA, M.V. e SILVA, M.C. (2010) - Variabilidade e herdabilidade de caracteres morfológicos em clones de capim-elefante na Zona da Mata de Pernambuco. *R. Bras. Zootec.*, 39 (10): 2132-2140.
- SILVA, E. e ROCHA, C. R. (2010) Eucalipto e capim elefante: características e potencial produtivo de biomassa. *Revista Agrogeoambiental*, 2: 143- 152.
- STREZOV, V.; EVANS, T. J.; HAYMAN, C. (2008) Thermal conversion of elephant grass (*Pennisetum Purpureum* Schum) to bio-gas, bio-oil and charcoal. *Bioresource Technology*, 99: 8394-8399.
- 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.
- XAVIER, D. F.; BOTREL, M. A.; VERNEQUE, R. S.; FREITAS, V. P.; BODDEY, R. M.. (1998) Estabilidade da produção de forragem de cultivares de capim-elefante em solo com baixa disponibilidade de nitrogênio. *Pasturas Tropicais, Cali*, 20 (20: 35-40).
- ZANETTI, J. B.; MORAIS, R. F.; LEITE, J. M.; SOARES, L. H.; JANTALIA, C. P.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M. (2009) Produção e Qualidade da Biomassa de Genótipos de Capim-Elefante para uso como Fonte de Energia. *Rev. Bras. De Agroecologia*, Nov, 4 (2).

ANEXO - I

CROQUI DA ÁREA EXPERIMENTAL

		B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
BLO.I	G3	B	N2K1	N2K3	N1K2	N3K2	N3K4	N3K1	N1K3	N2K4	N3K3	N1K4	N4K2	N4K3	N4K4	N1K1	N4K1	N2K2	B
	G1	B	N2K3	N4K3	N1K4	N3K2	N3K3	N3K4	N2K4	N2K1	N1K1	N3K1	N4K4	N4K1	N2K2	N1K3	N1K2	N4K2	B
	G2	B	N2K1	N4K4	N3K3	N1K1	N1K2	N4K3	N2K3	N3K4	N2K2	N2K4	N4K2	N3K2	N4K1	N1K3	N3K1	N1K4	B
BLO.II	G1	B	N1K1	N3K3	N3K1	N3K2	N4K1	N2K2	N4K2	N1K3	N4K4	N2K4	N2K3	N1K2	N1K4	N2K1	N4K3	N3K4	B
	G3	B	N3K4	N3K3	N2K1	N3K2	N2K2	N2K3	N4K1	N1K4	N2K4	N4K4	N1K1	N1K3	N4K3	N1K2	N4K2	N3K1	B
	G2	B	N4K3	N3K2	N3K3	N4K2	N2K2	N2K1	N2K4	N2K3	N4K1	N3K4	N3K1	N4K4	N1K4	N1K1	N1K3	N1K2	B
BLO.III	G1	B	N3K4	N1K4	N2K2	N1K2	N3K2	N3K1	N4K4	N2K4	N3K3	N4K3	N1K1	N4K2	N2K1	N1K3	N2K3	N4K1	B
	G3	B	N4K1	N2K3	N1K3	N1K4	N2K2	N2K1	N1K2	N3K2	N1K1	N4K3	N3K4	N3K3	N4K4	N4K2	N3K1	N2K4	B
	G2	B	N3K1	N4K3	N1K2	N1K3	N1K1	N4K4	N3K4	N4K2	N2K3	N2K1	N3K3	N1K4	N3K2	N2K2	N2K4	N4K1	B
		B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B

Nas Parcelas

G1 – CUBANO PINDA
 G2 – IAC CAMPINAS
 G3 – CAMEROON

Nas Subparcelas

N1 – 100 kg N ha⁻¹ ano
 N2 – 800 kg N ha⁻¹ ano
 N3 – 1500 kg N ha⁻¹ ano
 N4 – 2200 kg N ha⁻¹ ano

K1 – 50 kg K₂O ha⁻¹ ano
 K2 – 400 kg K₂O ha⁻¹ ano
 K3 – 750 kg K₂O ha⁻¹ ano
 K4 – 1100 kg K₂O ha⁻¹ ano