

**INTERAÇÃO GENÓTIPO VERSUS CORTES ANUAIS E
COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE ESTABILIDADE E DE ÍNDICES
DE SELEÇÃO EM CAPIM-ELEFANTE**

MARIA DO SOCORRO BEZERRA DE ARAÚJO

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO – UENF**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
FEVEREIRO – 2016**

INTERAÇÃO GENÓTIPO VERSUS CORTES ANUAIS E
COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE ESTABILIDADE E DE ÍNDICES
DE SELEÇÃO EM CAPIM-ELEFANTE

MARIA DO SOCORRO BEZERRA DE ARAÚJO

“Dissertação 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 Mestre em Genética e Melhoramento de Plantas.”

Orientador: Prof. Rogério Figueiredo Daher

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
FEVEREIRO – 2016

INTERAÇÃO GENÓTIPO VERSUS CORTES ANUAIS E
COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE ESTABILIDADE E DE ÍNDICES
DE SELEÇÃO EM CAPIM-ELEFANTE

MARIA DO SOCORRO BEZERRA DE ARAÚJO

“Dissertação 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 Mestre em Genética e Melhoramento de Plantas.”

Aprovada em 29 de fevereiro de 2016.

Comissão Examinadora:

Prof. Antônio Teixeira do Amaral Júnior (D.Sc., Genética e Melhoramento) –
UENF

Prof^a. Bruna Rafaela da Silva Menezes (D.Sc., Genética e Melhoramento de
Plantas) –UFRRJ

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

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

*Ao Santíssimo Deus.
À minha família.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro e ao Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, pela oportunidade concedida;

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), pela concessão da bolsa de mestrado;

Ao Professor Rogério Figueiredo Daher, pela orientação, confiança e serenidade;

Aos professores, Antônio Teixeira do Amaral Júnior, Bruna Rafaela da Silva Menezes e Geraldo de Amaral Gravina, pelas sugestões e aperfeiçoamento deste trabalho; e aos demais professores do PGMP pelos conhecimentos transmitidos;

Ao secretário José Daniel, por ser sempre tão solícito e competente;

Ao Dorian Peres, Enildo, Fernando, Júlio Cesar, Romildo Gottardo, Avelino Rocha, Brunno Almeida, Erina Rodrigues, Lilia Gravina, Rafael Freitas, Verônica Silva, Yure Pequeno e Derivaldo Pureza pelas contribuições prestadas, principalmente, na execução das atividades de campo;

Ao Professor Ricardo Vieira por ceder o Laboratório de Zootecnia, ao Técnico Almir Ribeiro e toda a turma do LZO: Matheus Abreu, Raphael Gomes, Flávio Henrique, Tadeu Silva, Laila Ramos e Renata Tavares, pelas instruções e ajuda na realização das análises bromatológicas;

A Yuri Kurosawa, Daniele Viana, Verônica Brito, Tathianne Pastana, Thâmara Menezes, Sandra Preisigke, Mônica Cardoso, Fabíola Cristina, Armando Pires, Railan Ferreira kurosawa, Marlene Vieira, Deyse Malcher, Rosane Tavares, Yure Pequeno e Derivaldo Pureza, sou muito grata por todo carinho e amizade;

À Valdelice Andrade, Silvana Mendes, Patrícia Brito, Edielen Lima, Marilene Moura, Sirlene Quadros, Aldemir Maciel, Claudio Bacurau e Rogério Vidal, por serem meus irmãos de coração;

Ao querido Marcos Peniche, pelo companheirismo e ternura;

A toda minha família, em especial aos meus pais, Francisco Araújo e Sueli Bezerra. Aos meus irmãos: Patrícia Araújo, Paulo Araújo e Simoni Araújo e afilhado-sobrinho Enzo Lima, por serem fonte de amor verdadeiro e incondicional. Agradeço pela ajuda na escolha dos melhores caminhos e por me proporcionarem à força inspiradora tão necessária para resistir e lutar diante dos obstáculos;

Enfim, a todos aqueles que passaram pela minha vida e que de alguma forma me ajudaram. Muito Obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
3. REVISÃO DE LITERATURA	4
3.1. Origem e classificação botânica do capim-elefante	4
3.2. Convenção das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima: o Acordo de Paris	6
3.3. Potencial de utilização do capim-elefante como fonte energética	7
3.4. Melhoramento genético do capim-elefante	9
3.5. Interação genótipo x ambiente (G x E)	11
3.6. Índices de seleção	14
4. MATERIAL E MÉTODOS	17
4.1. Local, instalação e delineamento experimental	17
4.2. Características avaliadas	21
4.3. Análises genético-estatísticas	23
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
5.1. Estabilidade da produção anual de biomassa energética de genótipos de capim-elefante (<i>Pennisetum purpureum</i> Schum.) no Norte Fluminense	34

5.2. Predição de ganhos por índices de seleção em genótipos de capim-elefante (Pennisetum purpureum Schum.) para fins energéticos	46
6. CONCLUSÕES	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57

RESUMO

ARAÚJO, Maria do Socorro Bezerra de; M.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; Fevereiro, 2016. Interação genótipo versus cortes anuais e comparação de métodos de estabilidade e de índices de seleção em capim-elefante; Orientador: Rogério Figueiredo Daher; Conselheiros: Antônio Teixeira do Amaral Júnior e Geraldo de Amaral Gravina.

Durante décadas, o capim-elefante teve seu uso restrito à pecuária. Devido a isto, seu processo de melhoramento genético foi voltado especificamente para a produção de forragem. Já a utilização da cultura para geração de energia é bastante recente demandando novas pesquisas, pois, neste caso, são requeridos atributos contrários aos da forragicultura. Almejam-se cultivares que detenham propriedades intrínsecas à geração de calor. Diante disto, o presente trabalho foi conduzido com os objetivos de (i) estimar parâmetros de estabilidade da produtividade de biomassa seca de genótipos de capim-elefante sob o regime de cortes anuais, nas condições edafoclimáticas do Norte Fluminense-RJ; (ii) comparar as metodologias de análise de estabilidade de Yates e Cochran (YC), Plaisted e Peterson (PP), Annicchiarico (ANN), Lin e Binns (LB), Huenh (HU) e Kang e Phan (KP) e (iii) estimar ganhos genéticos preditos pelos índices de seleção clássico, índice baseado em soma de postos e índice da distância genótipo-ideótipo para a identificação de genótipos que reúnam simultaneamente atributos favoráveis para a produção energética. O delineamento utilizado foi blocos ao acaso, com 83 tratamentos e duas repetições. Foram efetuados quatro cortes anuais (2012-2015) e avaliadas as características: produtividade de

matéria seca da planta (PMS), número de perfilhos por metro linear (NP), altura média das plantas (ALT), diâmetro médio do colmo na base da planta (DC), percentagens de matéria seca da planta (% MS), fibra em detergente neutro (% FDN), fibra em detergente ácido (% FDA), hemicelulose (% HEM), celulose (% CEL), lignina (% LIG) e cinzas (% CIN). Todas as análises genético-estatísticas foram realizadas utilizando-se os recursos computacionais do Programa Genes. As análises de variância individuais e conjuntas para PMS revelaram efeitos significativos para genótipos, cortes e para a interação Genótipo x Corte, em nível de 1 e 5% de probabilidade. Os genótipos indicados pelos métodos YC e PP estão associados à maior estabilidade e menor PMS. A ponderação de KP com YC e PP foi bastante eficaz em associar estabilidade à PMS. Os métodos LB e ANN mostraram forte concordância entre si e geraram classificações similares quanto à estabilidade fenotípica, recomendando-se utilizar um ou outro. Os genótipos Elefante Cachoeiro de Itapemirim, Cuba-116, Taiwan A-46, P241 Piracicaba, Taiwan A-144, Cameroon-Piracicaba, 10 AD IRI, Guaçu/I,Z,2, Mineirão IPEACO, Taiwan A-121, IJ7125 cv EMPASC308, 903-77, Mole de Volta Grande e Porto Rico 534-B apresentaram alta estabilidade e produtividade de matéria seca. As metodologias com base em ANOVA e análise não paramétrica são complementares e aumentam a confiabilidade na recomendação dos genótipos. Os diferentes índices de seleção e os parâmetros atribuídos como, pesos econômicos afetam a seleção dos genótipos. Os índices de seleção baseado em soma de postos e da distância genótipo-ideótipo com diferentes pesos econômicos, estimaram ganhos desejáveis e de forma equilibrada para as características morfoagronômicas e de qualidade da biomassa. Os genótipos indicados como de maior potencial para produção de biomassa para fins energéticos foram Taiwan A-144, Cameroon-Piracicaba, Guaçu/I,Z,2, Mineirão IPEACO, IJ7125 cv EMPASC308 e 903-77.

ABSTRACT

ARAUJO, Maria do Socorro Bezerra; M.Sc .; State University of Norte Fluminense; February, 2016. Interaction genotype versus annual cuts and comparison of stability methods and of selection indexes in elephant grass; Advisor: Rogério Daher Figueiredo; Committee members: Antônio Teixeira do Amaral Junior and Geraldo Amaral Gravina.

For decades, the elephant grass had their use restricted to livestock. Because of this, their breeding process was aimed specifically at the production of fodder. But the use of culture for power generation is quite recent demanding further research because, in this case, are required attributes contrary to the Forage Crops. Aims to cultivars that hold intrinsic properties for heat generation. Given this, the present study was conducted with the objectives of (i) estimate of stability parameters of dry biomass productivity of elephant grass genotypes under the regime of annual cuts in the agro-climatic conditions of the North Fluminense-RJ; (ii) comparing the analytical methodologies stability Yates and Cochran (YC), Plaisted and Peterson (PP), Annicchiarico (ANN), Lin and Binns (LB), Huenh (HU) and Kang and Phan (KP) and (iii) estimate genetic gains predicted by classic selection index, an index based on the sum of points and index of distance genotype-ideotype to identify genotypes that simultaneously meet favorable attributes for energy production. The design was randomized blocks, with 83 treatments and two replications. The features were made four annual cuts (2012-2015) and evaluated: dry matter yield of the plant (SMP), number of tillers per meter (NP), plant height (ALT), average stem diameter at the base of plant (DC), dry matter percentage of the plant (%

DM), neutral detergent fiber (% NDF), acid detergent fiber (% ADF), hemicellulose (% HEM), cellulose (% CEL), lignin (% LIG) and ash (% CIN). All genetic-statistical analyzes were performed using the computational resources Genes Program. The individual and combined analyzes of variance for PMS revealed significant effects for genotypes and cuts to the genotype x cut interaction at the level of 1 and 5% probability. Genotypes indicated by YC and PP methods are associated with greater stability and less PMS. The weighting of KP with YC and PP was quite effective in linking stability to PMS. The LB methods and ANN showed strong agreement among themselves and generated similar ratings for phenotypic stability, it is recommended to use one or the other. Genotypes Elefante Cachoeiro de Itapemirim, Cuba-116, Taiwan A-46, P241 Piracicaba, Taiwan A-144, Cameroon-Piracicaba, 10 AD IRI Guaçu/I,Z,2, Mineirão IPEACO, Taiwan A-121, IJ7125 hp EMPASC308, 903-77, Mole de Volta Grande and Porto Rico 534-B showed high stability and productivity of dry matter. The different levels of selection and the parameters assigned as economic weights affect the selection of genotypes. The selection indexes based on sum of posts and the distance genotype-ideotype with different economic weights, estimated gains desirable and balanced way for agronomic and quality of biomass traits. Genotypes indicated as the greatest potential for biomass production for energy purposes were Taiwan A-144, Cameroon-Piracicaba, Guaçu/I, Z, 2, Mineirao IPEACO, IJ7125 hp EMPASC308 and 903-77.

1. INTRODUÇÃO

É notório que no contexto histórico atual, a humanidade está diante de três grandes problemas inter-relacionados: os riscos à segurança alimentar, à segurança energética e às mudanças climáticas. Nos últimos anos, o constante aumento de gases de efeito estufa na atmosfera, principalmente o CO₂, tornou-se um dos temas mais discutidos da pauta mundial. Tal realidade constitui um grande desafio à comunidade científica e aos países de um modo geral, sobretudo os emergentes e, evidenciam a necessidade de mudanças nos padrões atuais de desenvolvimento econômico e social. Deste modo, adotar modelos condizentes com os pilares da sustentabilidade é imprescindível para assegurar o bem-estar de longo prazo da humanidade.

Não por acaso, à luz do conhecimento atual, a produção de energia a partir de fontes renováveis constitui a estratégia mais viável para reversão da dependência global dos combustíveis fósseis. O Brasil, por sua vez, possui grande potencial no segmento das energias renováveis, principalmente, para produção bioenergia e biocombustíveis a partir de biomassas vegetais. De fato, a biomassa vegetal constitui a única matéria-prima de curto prazo que possui a capacidade de ser carbono-neutra e sustentável no longo prazo (Inter Academy Council, 2007).

As matérias-primas mais utilizadas para produção de bioenergia no Brasil e no mundo são: cana-de-açúcar, eucalipto, soja e milho (Carbonari et al., 2012). No entanto, a biomassa vegetal proveniente do capim-elefante tem despertado o interesse dos grandes consumidores e empresários do setor energético, devido,

sobretudo, a alta produtividade e ciclo curto, aliada a diversas características de qualidade da biomassa que propiciam sua utilização para tais fins, como: alto teor de fibra, mais especificamente os teores dos componentes ricos em carbono e com elevado poder calorífico, como a celulose e lignina, bem como alta relação carbono/nitrogênio e alta produção de biomassa associada com a fixação biológica de nitrogênio (Morais et al., 2008; Partelini et al., 2013).

Apesar dos vários atributos favoráveis desta cultura, pesquisas voltadas para o melhoramento genético visando à utilização como fonte energética são recentes e poucos expressivos quando comparado à maioria das *commodities*. No Brasil, atualmente, há pouquíssimas instituições envolvidas no melhoramento genético desta cultura para tal finalidade, as quais são: Embrapas, Universidade Federal de Viçosa (MG) e Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (RJ).

Diante desta carência, o Programa de Melhoramento Genético do Capim-elefante da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF (RJ) tem intensificado esforços no desenvolvimento de estudos com o propósito de obter genótipos de capim-elefante altamente produtivos e de qualidade de biomassa apropriadas para utilização como fonte de energia, a fim de atender principalmente, a demanda da indústria ceramista da região Norte Fluminense.

Neste sentido, o melhor entendimento dos princípios estatísticos envolvidos em procedimentos biométricos, tais como: interação genótipo x ambiente, parâmetros de estabilidade e adaptabilidade, seleção simultânea de caracteres, dentre outros, permitirá melhor aproveitamento dos dados provenientes de trabalhos de avaliação de genótipos, acarretando a geração de maiores informações, as quais são imprescindíveis para o avanço do programa de melhoramento, como a escolha dos métodos de melhoramento mais adequados à cultura, além de possibilitar inferências sobre ganhos a serem alcançados com a seleção.

2. OBJETIVOS

Conduziu-se este estudo com os objetivos de (i) estimar parâmetros de estabilidade da produtividade de biomassa seca de 83 genótipos sob o regime de cortes anuais, nas condições agroclimáticas do Norte Fluminense, RJ, (ii) comparar metodologias de análise de estabilidade paramétricas e não paramétricas e; (iii) estimar ganhos genéticos preditos pelos índices de seleção clássico, índice baseado em soma de postos e índice da distância genótipo-ideótipo para a identificação de genótipos que reúnam simultaneamente atributos favoráveis para a produção energética.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Origem e classificação botânica do capim-elefante

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), identificado no início do século XX pelo Coronel Napier (Bennet, 1976), é originário do continente africano, mais exatamente da África tropical, onde ocorre naturalmente em vários países, sendo os territórios da Guiné, Moçambique, Angola, Zimbábue e sul do Quênia relacionado como as principais áreas de variabilidade (Brunken, 1977).

Esta espécie pertence à família Poaceae, subfamília Panicoideae, tribo Paniceae, gênero *Pennisetum*, o qual possui mais de 140 espécies entre forrageiras cultivadas, cereais e ornamentais (Brunken, 1977). Trata-se de uma espécie com número básico de cromossomos $x=7$ ($2n = 4x = 28$), alopoliplóide com comportamento diploide normal e genomas A'A'BB que compõem o conjunto gênico secundário (Martel et al., 1996). Mayre (1952), citado por Bogdan (1977), dividiu *P. purpureum* em três subespécies: ssp. *benthamii*, ssp. *purpureum* ssp. *flexispica*. Entretanto, a igualdade do número de cromossomos e a possibilidade de cruzamentos entre os diferentes ecótipos de capim-elefante não permitem a sua divisão em diferentes espécies (Brunken, 1977).

Essa poácea é também conhecida pelos nomes de capim-napier, cameroon e capim-cana, que, na verdade, são designações de cultivares (Carvalho, 1985). Foi introduzida em vários países, sendo atualmente encontrada em regiões tropicais e subtropicais, em altitudes que variam desde o nível do mar

até 2.200 m, entre temperaturas de 18 °C a 30 °C e precipitação de 800 a 4.000 mm (Jacques, 1997).

Já no Brasil, a introdução do capim-elefante ocorreu por volta de 1920, por meio de mudas provenientes de Cuba e é, atualmente, uma das forrageiras mais difundidas em todo o país (Pereira e Lédo, 2008). Na região Sul, no período do inverno, também na época da seca (junho a setembro) nos estados do Centro Oeste e Sudeste, o desenvolvimento é reduzido, diminuindo o número de cortes e o rendimento. Nos estados do Norte e Nordeste, seu desempenho é ótimo nas zonas menos secas (litoral) (Otero, 1952; Carvalho, 1985).

Os caracteres morfológicos podem apresentar ampla variação entre os diferentes ecótipos. Segundo Correa (1926), as principais características morfológicas e fenológicas do capim-elefante são: ciclo vegetativo perene, crescimento cespitoso, porte alto variando de 3,5 m a 6 m, raízes grossas e rizomatosas, colmos eretos, cilíndricos, glabros e cheios, com entrenós de 15 cm a 20 cm e diâmetro de 2,5 cm. As folhas atingem até 1,25 m de comprimento por 4 cm de largura; nervura central larga e de cor mais clara; disposição alternada, bainha lanosa, fina, estriada; lígula curta e ciliada.

O capim-elefante é uma espécie alógama, protogínica, com grande facilidade para a propagação vegetativa. As panículas apresentam formato cilíndrico, com comprimento variando de 10 cm a 20 cm e diâmetro de 1,5 cm a 3 cm, densamente floridas por espiguetas com longas cerdas, isoladas ou em grupos e as flores podem ser masculinas e hermafroditas. O intervalo entre o aparecimento dos estigmas e das anteras varia de sete a nove dias, o que dificulta a autofecundação e facilita a realização de cruzamentos controlados. As sementes ou cariopses são muito pequenas e, após o amadurecimento, desprendem-se com facilidade da panícula (Bogdan, 1977; Alcântara e Bufarah, 1988).

A época de florescimento pode variar de acordo com as condições ambientais e com a cultivar. Na região sudeste, o florescimento normalmente ocorre entre março e julho, e, assim, de acordo com Xavier et al. (1993), as cultivares podem ser classificadas, quanto à época de florescimento, em precoces (março e abril), intermediárias (abril e maio) e tardias (junho e julho).

Trata-se de uma planta com metabolismo C_4 , altamente eficiente na fixação de dióxido de carbono (CO_2) e que se destaca como uma das espécies de

maior eficiência fotossintética, apresentando grande capacidade de produção e acúmulo de matéria seca de boa qualidade (Quesada, 2005).

É uma cultura de alta versatilidade de utilização e boas condições de adaptabilidade ao clima e solo de praticamente todo o Brasil (Deresz, 1999; Pereira et al., 2001; Pereira e Léo, 2008), atualmente empregada para produção de biomassa, mas, tradicionalmente, tem sido utilizada como fonte de nutrientes na dieta animal, principalmente em regime de corte (capineiras), além de ser utilizado para ensilagem (Vilela, 1997) e pastejo rotacionado (Veiga et al., 1985a,b; Hilleshein, 1990).

O potencial produtivo do capim-elefante é determinado por vários fatores, tais como: genótipo, intervalos e altura de corte, disponibilidade de nutrientes, água, luz e temperatura (Jacques, 1997). Com isso, há uma grande amplitude relatada na literatura para produção de matéria seca no Brasil (Mozzer et al., 1970; Jacques, 1997; Souza Sobrinho et al., 2005; Vitor et al., 2009; Martins et al., 2010; Lima et al. 2011; Daher et al., 2014; Menezes et al., 2014b; Oliveira, M. et al., 2014; Rossi et al., 2014; Santos et al., 2014). Além disso, a interação genótipos por ambientes é pronunciada (Pereira e Léo, 2008), havendo necessidade de avaliações e recomendações regionalizadas das cultivares.

3.2. Convenção das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima: o Acordo de Paris

Após a convenção de Kyoto (1997), aconteceram várias conferências mundiais para tratar sobre as mudanças climáticas, todavia, a aprovação do primeiro acordo internacional para frear as emissões de gases do efeito estufa e para lidar com os impactos da mudança climática, deu-se somente em 12 de dezembro de 2015, durante a 21ª Conferência do Clima das Nações Unidas (COP-21), realizada em Paris, França.

O Acordo de Paris foi aclamado por 195 países e consiste num documento de caráter legalmente vinculante, o qual obrigará todas as nações signatárias a organizar estratégias para limitar o aumento da temperatura média global bem abaixo de 2°C em relação aos níveis pré-industriais, e manter esforços para limitar o aumento da temperatura a 1,5°C (United Nations Framework Convention on Climate Change-UNFCCC, 2015).

Segundo o documento, os países devem adotar reduções rápidas a partir de então, de acordo com a melhor ciência disponível, de modo a atingir um equilíbrio entre as emissões antropogênicas por fontes (queima de combustíveis fósseis) e pela remoção por sorvedouros de gases de efeito estufa na segunda metade deste século.

Além disso, o tratado traz um reconhecimento de que as Contribuições Pretendidas Nacionalmente Determinadas, metas estas nacionalmente determinadas até o momento por 187 países, ainda fazem com que as emissões do planeta atinjam, em 2030, a marca de 55 gigatoneladas de CO₂, número incompatível com a meta de 2°C. Atualmente, as emissões globais estão em torno de 52 gigatoneladas de CO₂, logo, o documento observa que esforços maiores serão necessários e sugere que seria preciso reduzir para 40 gigatoneladas até aquele ano (UNFCCC, 2015).

O Brasil, signatário do Acordo de Paris, apresentou à COP21 a meta de diminuir as emissões de gases de efeito estufa em 37% até 2025 e em 43% até 2030, tendo 2005 como ano-base, para acabar com o desmatamento ilegal na Amazônia, reflorestar 12 milhões de hectares de florestas e recuperar 15 milhões de hectares de pastagens degradadas (BRASIL, 2016).

À vista disso, estabeleceu um prazo para a descarbonização da economia, determinando que até 2100 o País não mais fará emissões de gases poluentes na atmosfera e para isso será feito o aperfeiçoamento da matriz energética com a fixação de prazos para maior uso de energia de fontes renováveis. Nessa busca, o objetivo é ampliar de 28% para 33% o uso de energia de fontes renováveis (eólica, solar, biomassa e biocombustíveis) em sua matriz de energia até 2030, além do uso da energia hídrica (BRASIL, 2016).

3.3. Potencial de utilização do capim-elefante como fonte energética

Sabe-se, portanto, que muitos países buscam alternativas ao uso de combustíveis fósseis, principalmente, devido à necessidade de diminuir a dependência do petróleo e derivados por serem fontes finitas de energia, as preocupações ambientais decorrentes de seu uso e o ganho econômico que se pode ter com esta substituição, quer seja porque novos produtos podem ser valorizados por não degradarem o meio ambiente, ou pela expectativa de se obter

créditos através de mecanismos de desenvolvimento limpo (MDL) (Morais et al., 2009).

Nesse contexto, o Brasil apresenta destaque no cenário mundial com ampla produção de energia por fontes renováveis, com vasto uso de biomassas vegetais. Segundo Smeets et al. (2009) a utilização da biomassa de poáceas perenes em substituição aos combustíveis fósseis constitui uma estratégia sólida para reduzir o uso de energia fóssil e as emissões de gases de efeito estufa. Estes autores citam *Panicum virgatum*, *Phalaris arundinacea* e *Mischantus giganteus* como sendo as principais espécies estudadas para produção de biomassa em nível mundial.

No Brasil, o capim-elefante tem-se destacado, o qual tem sido estudado para produção de energia, sendo considerado altamente promissor para essa finalidade (Osava, 2007; Moraes et al., 2009; Silva et al., 2010). Por não estar presente na dieta humana e de ser totalmente utilizável, o capim-elefante acaba estando à frente de outras poáceas utilizadas como fonte energética, principalmente em comparação à cana-de-açúcar, a qual além de ser utilizada para produção açucareira, também possui produtividade máxima de matéria seca de $40 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ (Paterlini et al., 2013).

A biomassa seca de capim-elefante pode gerar 25 unidades de energia para cada uma de origem fóssil consumida em sua produção, enquanto que, a cana-de-açúcar, convertida em etanol, alcança uma relação de apenas nove por uma (Osava, 2007). Em comparação com o eucalipto, o capim-elefante também pode ser mais eficaz na produção de energia, visto que é capaz de produzir $189.000.000 \text{ kcal.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, enquanto o eucalipto produz $92.820.000 \text{ kcal.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ (Silva e Rocha, 2010).

Durante décadas, o capim-elefante teve seu uso voltado para a produção de forragem, sobretudo para a pecuária leiteira (Osava, 2007), devido a isto, o estudo para sua viabilidade energética e seus aspectos econômicos é praticamente inexistente (Morais, 2008). Suas principais vantagens em relação às demais fontes incluem maior rendimento, de $56 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ de matéria seca, menor extensão de áreas para uma dada produção, menor ciclo produtivo (dois cortes por ano), melhor fluxo de caixa, possibilidade de mecanização total, energia renovável, maior fixação de CO_2 atmosférico (Mazzarella et al., 2015) é

indicado para produção pelos agricultores com pequenas propriedades devido à versatilidade de usos (Singh et al., 2013).

3.4. Melhoramento genético do capim-elefante

O capim-elefante é uma cultura em estágio inicial de melhoramento sendo a maioria das cultivares constituída de clones selecionados de materiais coletados nas áreas de diversidade da espécie. Nos materiais sob cultivo, podem-se observar algumas características de espécies não domesticadas, como florescimento não sincronizado, sementes minúsculas e deiscentes, e outros caracteres que afetam negativamente o plantio desta cultura por meio de sementes (Pereira e Lédo, 2008).

O primeiro melhoramento de capim-elefante foi realizado na África durante a década de 1930 e muitas das seleções daquele período ainda são cultivadas nos dias atuais. A partir daí várias cultivares como Merckeron, Mott, Minna, Taiwan, Napier, Porto Rico, Mercker, Pusa Napier No.1 e Cameroon foram lançadas em diferentes partes do mundo. Além disso, várias estratégias de melhoramento estão disponíveis para a melhoria de germoplasma de capim-elefante (Singh et al., 2013).

Os procedimentos adotados para o melhoramento desta cultura são os mesmos desenvolvidos para espécies alógamas. Entretanto, algumas características específicas da espécie devem ser consideradas, porquanto dependendo das circunstâncias, podem contribuir ou dificultar o processo, como florescimento protogínico, elevado número de inflorescências por planta, florescimento gradual, produção abundante de pólen, propagação vegetativa e por meio de sementes, perenidade, germoplasma com grande variabilidade e facilidade de cruzamento interespecífico (Pereira e Lédo, 2008).

Vários centros de pesquisa do mundo, incluindo o Brasil, China, Porto Rico, EUA, vários países da África e da Índia, mantêm coleções de germoplasma de capim-elefante, porém, essas coleções não estão bem caracterizadas. Deste modo, o melhorista precisa certificar-se de que os genótipos em seu banco de germoplasma não são apenas duplicatas e a avaliação da variabilidade entre os genótipos da coleção é, portanto, essencial (Singh et al., 2013).

No Brasil, os principais bancos de germoplasma do capim-elefante encontram-se na Embrapa Gado de Leite e no Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) e a maioria dos acessos são comuns aos dois bancos (Pereira e Léo, 2008). Além destes, existem os bancos da Universidade Federal de Pelotas e da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Santa Catarina (EPAGRI).

Há poucos profissionais no país, envolvidos com o melhoramento genético do capim-elefante para fins energéticos e, por esta razão, o número de estudos acerca do tema ainda é pequeno. A maioria dos estudos é voltada para a sua utilização na alimentação animal. Esses estudos são necessários, visto que o capim-elefante possui atributos favoráveis às condições climáticas do Brasil (temperatura, precipitação, altitude) e às extensas áreas existentes podem propiciar o cultivo da espécie. Pode-se também, com o melhoramento, definir os genótipos mais adaptados à determinada região (Menezes, 2014a).

A Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) vem realizando estudos para o melhoramento do capim-elefante, tanto para a produção animal (Pinheiro, 2008; Silva, 2011; Cunha, 2012; Oliveira et al., 2013; Schneider, 2013) quanto para a produção de energia (Rossi, 2010; Lima et al. 2011; Barbé, 2012; Oliveira, 2013; Sousa, 2013; Daher et al., 2014; Menezes et al., 2014ab; Oliveira et al., 2014; Rossi et al., 2014; Santos et al., 2014; Rocha, 2015; Rocha et al., 2015).

No melhoramento de capim-elefante para produção de bioenergia, almeja-se obter genótipos com rendimento máximo de biomassa de boa qualidade. Neste sentido, a produção de matéria seca é a característica de maior importância para o melhoramento da cultura para fins energéticos por gerar repostas imediatas na produção total de biomassa.

Associado à produção de matéria seca, insere-se o número de perfilho por hectare, avaliado juntamente com diâmetro de colmos e altura de plantas. O número de perfilhos representa a população de capim-elefante por unidade de área, deste modo, está estreitamente relacionado com produtividade. Portanto, quando o objetivo da seleção for maior produção de matéria seca, recomenda-se selecionar genótipos que apresentem maior número de perfilhos, maior diâmetro do colmo e plantas altas Rocha (2015).

Quanto à qualidade de biomassa, buscam-se genótipos que apresentem elevado poder calorífico, este está diretamente relacionado com o teor de carbono

fixo, que, por sua vez, é função dos teores de materiais voláteis e cinzas. Neste sentido, são requeridas na biomassa altas concentrações de lignina e celulose, baixos teores de cinzas, alta relação carbono/nitrogênio, baixos teores nitrogênio e de umidade (Rossi, 2010; Tavares e Santos, 2013).

3.5. Interação genótipo x ambiente (G x E)

A interação genótipos x ambientes é definida como o comportamento diferencial de genótipos em função da diversidade ambiental (Cruz et al., 2012; Dias et al., 2014; Viana e Resende, 2014). Desta forma, na presença da interação, os resultados das avaliações podem mudar de um ambiente para outro, ocasionando mudanças na posição relativa dos genótipos ou mesmo na magnitude das suas diferenças (Falconer e Mackay, 1996).

Allard e Bradshaw (1964) consideram a existência de duas condições que contribuem para a interação dos genótipos com o ambiente a qual é submetido. A primeira refere-se a variáveis previsíveis e inclui todos os fatores permanentes do ambiente, como as características gerais do clima e solos que ocorrem de maneira sistemática ou que estão sob controle do homem. A segunda condição inclui variáveis imprevisíveis, correspondem às flutuações climáticas, tais como: quantidade e distribuição de chuvas, temperatura e outros fatores climáticos não previsíveis.

A existência da interação G x E está associada a dois fatores: simples e complexo. Sendo o simples proporcionado pela diferença de variabilidade entre genótipos nos ambientes e o complexo dado pela falta de correlação entre genótipos. A interação atribuída à causa complexa proporciona dificuldades no melhoramento. A interação complexa indica a inconsistência da superioridade de genótipos com a variação ambiental, ou seja, haverá genótipos com desempenho superior em um ambiente, mas não em outro, tornando mais difícil a seleção e, ou, recomendação desses materiais (Cruz et al., 2012).

Neste sentido, a interação G x E pode ser encarada como uma das principais dificuldades encontradas pelos melhoristas durante sua atividade seletiva (Duarte e Vencovsky, 1999; Ramalho et al., 2012). Paradoxalmente, se não houvesse interação G x E, um genótipo adaptar-se-ia à maioria dos ambientes de cultivo (locais, anos e estações), de forma que um único ensaio,

conduzido num só local (ainda com repetições), seria suficiente para fornecer resultados universais (Duarte e Vencovsky, 1999).

Assim, embora os melhoristas tendam a desenvolver uma atitude negativa contra a interação G x E (barreira às elevadas herdabilidades e ganhos com seleção), deve ser lembrado que interações positivas, associadas com características previsíveis do ambiente, oferecem a oportunidade dos rendimentos mais elevados. Deste modo, a interação não consiste apenas num problema, mas também numa oportunidade a ser aproveitada. (Duarte e Vencovsky, 1999).

O estudo da interação G x E possibilita a identificação de cultivares mais adaptadas a determinadas regiões, onde as mesmas poderão expressar o seu potencial genético. Assim, estudos sobre a magnitude de tais interações podem ser úteis na regionalização de cultivares, objetivando indicar áreas onde as mesmas possam expressar o máximo que as condições ambientais particulares permitam, com respeito às respostas de génotipos, possibilitar a exploração de efeitos específicos de adaptação para determinadas regiões (Dias et al., 2014). A ocorrência da interação pode ser detectada estatisticamente por uma usual análise conjunta de variância, de experimentos repetidos em mais de um ambiente, para a avaliação dos diferentes génotipos (Morais et al., 2008).

Apesar de serem de grande importância para o melhoramento, os estudos a respeito da interação G x E não proporcionam informações pormenorizadas sobre o comportamento de cada génotipo frente às variações ambientais. Visando o detalhamento do efeito da interação pode-se realizar um estudo da estabilidade e adaptabilidade das cultivares. Esse procedimento analisa a variação ocorrida entre ambientes para cada génotipo, permitindo a identificação daqueles com comportamento previsível e que respondam às variações ambientais, seja em condições específicas ou amplas (Cruz et al., 2012).

3.5.1. Estimação de estabilidade fenotípica

Há discordância entre diversos autores quanto ao conceito de estabilidade e, mais ainda, quanto à diferenciação entre estabilidade e adaptabilidade. Apesar de estarem relacionados entre si, tais fenómenos não devem ser considerados iguais. Mariotti et al. (1976) utilizaram o termo adaptabilidade para designar a capacidade de os génotipos aproveitarem vantajosamente o estímulo do ambiente

e estabilidade como a capacidade de os genótipos mostrarem comportamento altamente previsível em razão do estímulo do ambiente.

Diferentemente, há autores que preferem utilizar o termo adaptabilidade para designar adaptação ecológica a diferentes ambientes. Neste aspecto, o termo estabilidade seria empregado para se referir a maior ou menor habilidade dos genótipos a se adaptarem a flutuações climáticas, ao longo de anos agrícolas, dentro de um dado local ou hábitat (Vencovsky e Barriga, 1992).

Becker (1981) classifica a estabilidade em dois tipos: estabilidade no sentido biológico ou estática e estabilidade no sentido agrônomo ou dinâmica. A primeira refere-se à ausência da variação dos genótipos diante das oscilações ambientais, esta pode ser medida pela variância ou pelo coeficiente de variação, quanto menor o valor maior é a estabilidade. A estabilidade dinâmica refere-se ao desempenho paralelo do genótipo na variação do ambiente, ou seja, com a melhoria do ambiente, o genótipo melhora seu desempenho concomitantemente.

Existem várias metodologias para análise de adaptabilidade e estabilidade. Essas metodologias têm como base a existência de interações G x E significativas e distinguem dos conceitos de estabilidade adotados e de determinados princípios estáticos empregados (Cruz et al., 2012). Esses autores consideram que alguns métodos são alternativos enquanto outros são complementares e, a adoção de um método em detrimento de outro deve estar relacionado com o número de ambientes envolvidos, precisão requerida e o tipo de informação desejada.

Em experimentos em que são realizados cortes sucessivos e avaliações periódicas de cultivares ao longo do tempo, torna-se possível estimar parâmetros importante, como a estabilidade (previsibilidade do genótipo em responder à melhoria do ambiente), indispensável para orientar os trabalhos de melhoramento (Cruz et al., 2014). Entre as alternativas para minimizar a influência da interação genótipo x ambiente está à escolha de cultivares com ampla adaptação e boa estabilidade.

Dentre os métodos propostos para estudo e quantificação da interação G x E, destacam-se os procedimentos fundamentados em análise de variância (Yates e Cochran, 1938; Plaisted e Peterson, 1959; Wricke, 1965), regressão linear simples (Finlay e Wilkinson, 1963; Eberhart e Russel, 1966), regressão linear

múltipla (Cruz et al., 1989) e métodos não paramétricos (Lin e Binns, 1988; Huenh, 1990; Kang e Phan, 1991; Annicchiarico, 1992).

A diferença entre os métodos sugeridos origina-se nos próprios conceitos de estabilidade e nos procedimentos biométricos para quantificá-la. No entanto, o importante é que os métodos forneçam as mesmas informações em termos de indicação de cultivares, ou seja, tenham alto grau de concordância em relação aos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade. Nesse caso, o critério de escolha do método deve ser aquele de simples execução e fácil interpretação (Vencovsky e Barriga, 1992; Cruz et al., 2012).

3.6. Índices de seleção

O objetivo final de qualquer programa de melhoramento é a obtenção de cultivares que reúnam, simultaneamente, uma série de atributos favoráveis para caracteres de interesse que venham a satisfazer as exigências do produtor ou consumidor. Por esta razão, quase sempre os melhoristas devem mensurar vários caracteres ao mesmo tempo. Todavia, fazer isto com eficiência é um grande desafio, uma vez que os caracteres de importância, em sua maioria de herança quantitativa, apresentam comportamento complexo, por serem muito influenciados pelo ambiente e estarem inter-relacionados, de forma que a seleção de um provoca uma série de mudanças em outros (Cruz, 2006).

A seleção simultânea de um conjunto de caracteres de relevância econômica aumenta a possibilidade de êxito em um programa de melhoramento. Para tal propósito, a aplicação da teoria de índice de seleção parece ser uma alternativa eficiente, pois permite combinar as múltiplas informações dos caracteres mensurados no indivíduo, de modo que seja possível a seleção fundamentada em um único valor envolvendo os demais. O índice de seleção constitui-se num caráter adicional, estabelecido pela combinação ótima de vários caracteres, que permite efetuar, com eficiência, a seleção simultânea de caracteres múltiplos (Cruz et al. 2014).

Na literatura há várias propostas de índices de seleção, as quais auxiliam na identificação de genótipos superiores para vários caracteres. Estes índices representam diferentes possibilidades de seleção nos programas de melhoramento e, conseqüentemente, de ganhos genéticos percentuais, os quais

permitem identificar de maneira rápida e eficiente os genótipos mais promissores para atender os propósitos do melhorista (Cruz et al., 2012).

Os índices de seleção relatados na literatura são classificados em índices paramétricos e não paramétricos. Os índices paramétricos, ou lineares, requerem estimativas de parâmetros genéticos e, são utilizados em situações específicas sendo apropriados quando os genótipos constituem uma amostra aleatória da população (Garcia e Souza Júnior, 1999; Lessa et al., 2010).

O primeiro índice de seleção no melhoramento de plantas foi apresentado por Smith (1936) e, posteriormente, adaptado por Hazel (1943) para o melhoramento animal. O índice foi estabelecido por estes autores visando à seleção simultânea de duas ou mais características correlacionadas, para isto, faz-se necessário determinar o valor econômico relativo de cada característica, assim como obter estimativas de variâncias e covariâncias genóticas e fenotípicas entre cada par de características.

Mais tarde, vários pesquisadores sugeriram modificações no índice de Smith (1936) e Hazel (1943), sendo a maioria delas fundamentada em combinações lineares de valores fenotípicos observáveis. Em consequência disto, têm-se os índices paramétricos mais comuns: Brim et al. (1959), Kempthorne e Nordskog (1959), Pesek e Baker (1969), Tai (1971), Smith et al. (1981) e Cruz (1990).

Com relação aos índices não paramétricos, ou não lineares, estes não têm como objetivo a melhoria do valor genotípico, mas sim, a simples classificação dos genótipos (Garcia e Souza Júnior, 1999), deste modo, não requerem estimativas de parâmetros e podem ser aplicados tanto a amostras aleatórias, quanto a genótipos selecionados (Lessa et al., 2010). Dentre os índices não paramétricos, os principais são: índice livre de pesos e parâmetros (Elston, 1963), índice multiplicativo (Subandi et al., 1973), índice baseado em soma de postos ou Ranks (Mulamba e Mock, 1978) e índice da distância genótipo-ideótipo (Cruz, 2006).

Embora seja bastante enfatizada a potencialidade dos índices de seleção no melhoramento genético de plantas, no capim-elefante não há nenhum trabalho que tenha empregado a respectiva metodologia. Já em programas de melhoramento de outras culturas, os índices de seleção têm sido amplamente utilizados, por exemplo, em cana-de-açúcar (Pedrozo et al., 2009; Almeida et al.,

2014), milho (Santos et al., 2007; Amaral Júnior et al., 2010; Freitas et al., 2013; Vittorazzi et al., 2013; Freitas et al., 2014), maracujazeiro (Silva e Viana, 2012), mamoeiro (Vivas et al., 2012; Vivas et al., 2013), soja (Bárbaro et al., 2007), feijão (Bertini et al., 2010; Marinho et al., 2014), alfafa (Vascelos et al., 2010), dentre outras.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Local, instalação e delineamento experimental

O experimento foi desenvolvido na Estação Experimental do Centro Estadual de Pesquisas em Agroenergia e Aproveitamento de Resíduos (PESAGRO-Rio), situada a 21° 19' 23" latitude Sul e 41° 19' 40" longitude Oeste, numa altitude média de 25 m, no município de Campos dos Goytacazes, região Norte do Estado do Rio de Janeiro.

O clima da região Norte Fluminense é do tipo Aw, tropical quente e úmido, com período seco no inverno e chuvoso no verão (Köppen, 1948), com precipitação anual média em torno de 1.152mm. Os dados de precipitações pluviométricas e temperaturas médias anuais dos ambientes de estudo são apresentados nas figuras 1 e 2, respectivamente.

O solo da área experimental é caracterizado como Argissolo distrófico (Santos et al., 2013) e apresentou na camada de 0-20 cm de profundidade as seguintes características: pH (água) 5,5; P (mg dm^{-3}) 18; K(mg dm^{-3}) 83; Ca (cmolc dm^{-3}) 4,6; Mg (cmolc dm^{-3}) 3,0; Al (cmolc dm^{-3}) 0,1; H + Al (cmolc dm^{-3}) 4,5 e C (%) 1,6.

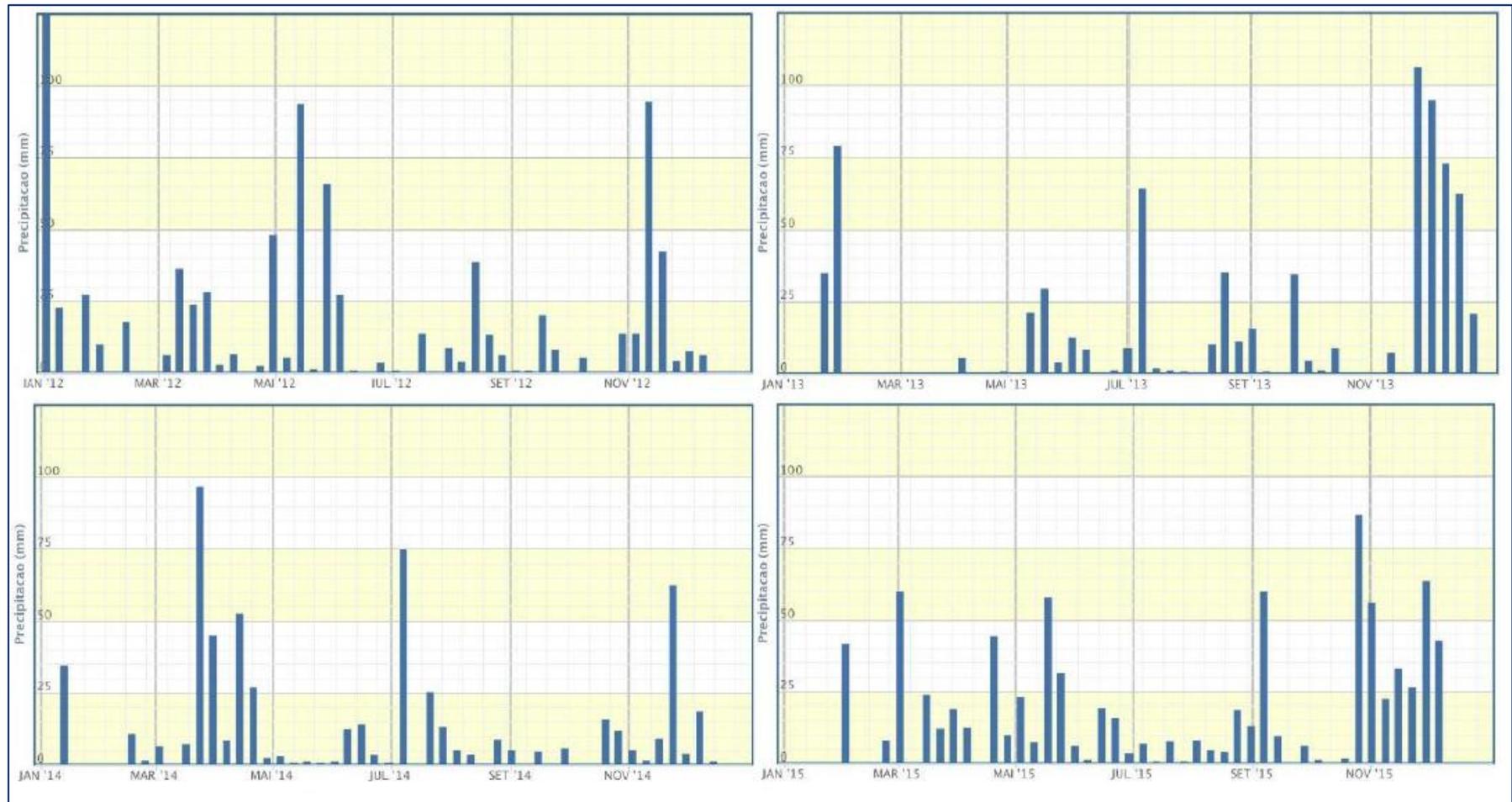


Figura 1. Precipitações pluviométricas médias (mm) dos anos 2012, 2013, 2014 e 2015, em Campos dos Goytacazes, RJ. Fonte: INMET - Instituto Nacional de Meteorologia (2016).

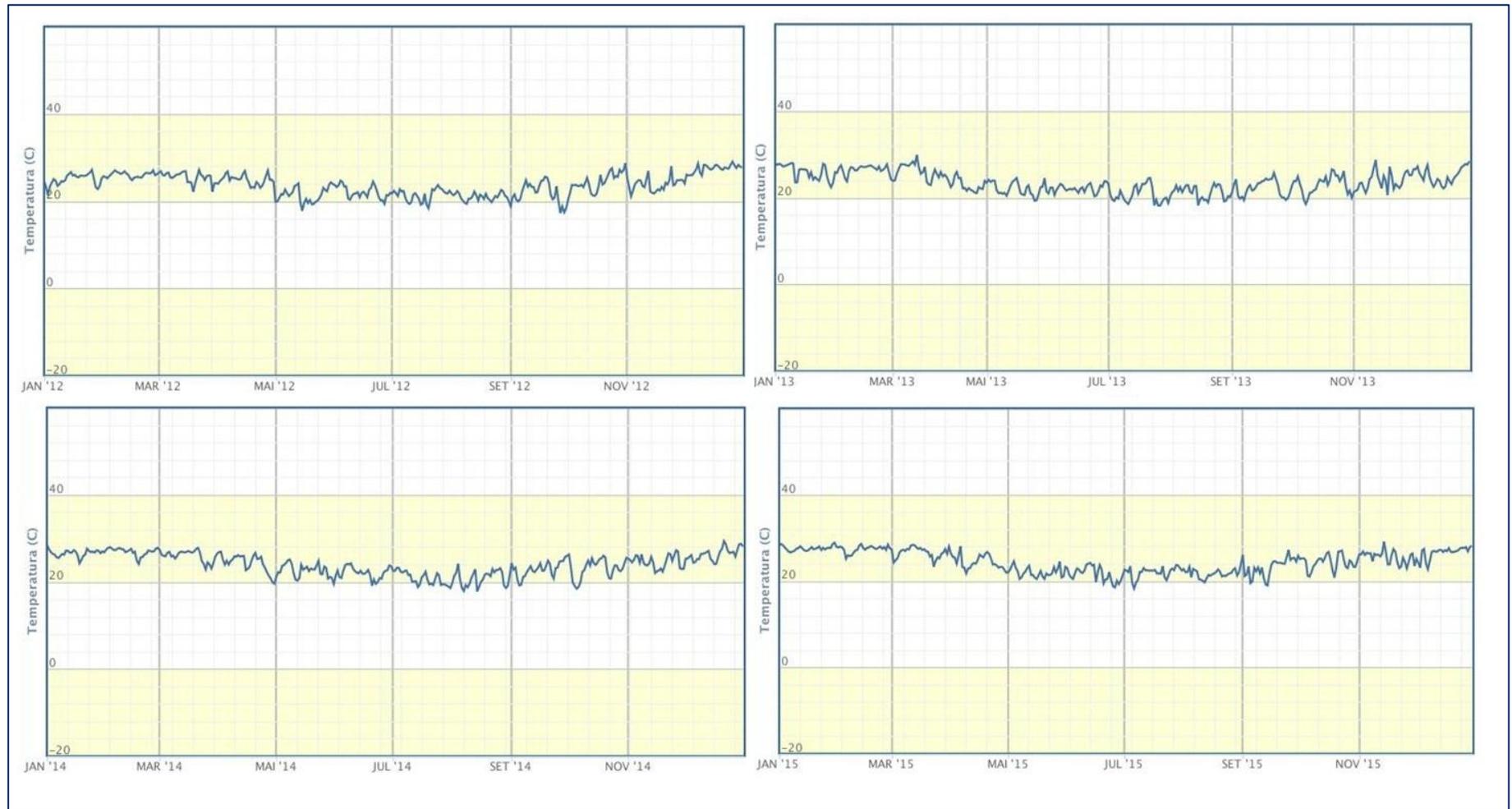


Figura 2. Temperaturas médias (°C) dos anos 2012, 2013, 2014 e 2015, em Campos dos Goytacazes, RJ.
 Fonte: INMET - Instituto Nacional de Meteorologia (2016).

O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, com duas repetições e os tratamentos consistiram em 83 genótipos de capim-elefante (Tabela 1) provenientes do Banco Ativo de Germoplasma (BAG-CE) da Embrapa Gado de Leite, localizado em Coronel Pacheco- MG. Cada parcela foi constituída por um genótipo plantado num sulco de 0,1 m de profundidade, 5,5 m de comprimento com espaçamento de 2 m e a área útil compreendeu 2 m² ao centro da parcela.

O plantio realizou-se nos dias 23/02/2011 e 24/02/2011, utilizando-se dois colmos inteiros por sulco, na forma de pé com ponta. Após a distribuição dos colmos nos sulcos, eles foram coletados em pedaços contendo duas ou três gemas.

Tabela 1. Genótipos do Banco Ativo de Germoplasma de Capim-elefante (BAGCE) do CCTA/UENF. Campos dos Goytacazes, RJ, 2016.

Id.	Genótipo	Id.	Genótipo	Id.	Genótipo		
1	Elefante Colômbia	29	Porto Rico	57	Napierzinho		
2	Mercker	30	Napier	58	IJ7125 cv MPASC308		
3	Três Rios	31	Mercker Comum	59	IJ7126 cv MPASC310		
4	Napier Grande	Volta	32	Teresopólis	60	IJ7127cvEMPASC309	
5	Mercker Santa Rita	33	Taiwan A-46	61	IJ7136cvEMPASC307		
6	Pusa Napier N 2	34	Duro de Volta Grande	62	IJ 7139		
7	Gigante de Pinda	35	Mercker Comum Pinda	63	IJ7141cvEMPASC306		
8	Napier N 2	36	Turrialba	64	Goiano		
9	Mercker S, E, A	37	Taiwan A-146	65	CAC-262		
10	Taiwan A-148	38	Cameroon - Piracicaba	66	Ibitinema		
11	Porto Rico 534-B	39	Taiwan A-121	67	903-77		
12	Taiwan A-25	40	Vrukwna	68	13 AD		
13	Albano	41	P241 Piracicaba	69	10 AD IRI		
14	Hib.Gig. Colômbia	42	IAC-Campinas	70	Pasto Panamá		
15	Pusa Napier	Gigante	43	Elefante Itapemirim	Cach.	71	BAG - 92
16	Elefante Híb. 534-A	44	Capim Cana D'África	72	09 AD IRI		
17	Costa Rica	45	Gramafante	73	11 AD IRI		

Tabela 1, Cont.

18	Cubano Pinda	46	Roxo	74	05 AD IRI
19	Mercker Pinda	47	Guaçu/I,Z,2	75	06 AD IRI
20	Mercker México	Pin. 48	Cuba-116	76	01 AD iIRI
21	Mercker 86 México	49	Cuba-169	77	04 AD IRI
22	Taiwan A-144	50	King Grass	78	13 AD IRI
23	Napier S,E,A,	51	Roxo Botucatu	79	03 AD IRI
24	Taiwan A-143	52	Mineirão IPEACO	80	02 AD IRI
25	Pusa Napier N 1	53	Vruckwona Africano	81	08 AD IRI
26	Elefante de Pinda	54	Cameroon	82	União
27	Mineiro	55	CPAC	83	Pesagro Bord
28	Mole Volta Grande	56	Guaçu		

A adubação de plantio foi definida com base nas análises de solo da área experimental e recomendações de adubação para o Estado do Rio de Janeiro propostas por Freire et al. (2013) e consistiu na distribuição 60 g de superfosfato simples por sulco. Após 50 dias do plantio, complementou-se a adubação disponibilizando 70 g de ureia e 40 g de cloreto de potássio por sulco e, em 15/12/2011, realizou-se o corte de uniformização, em que todas as plantas foram cortadas rente ao solo e, juntamente efetuou-se o replantio das parcelas com falhas.

4.2. Características avaliadas

4.2.1. Características morfoagronômicas

As avaliações foram efetuadas em regime de cortes anuais, sendo o primeiro corte realizado em 27/11/2012 e o segundo em 05/11/2013, conforme Oliveira (2014) e o terceiro realizado em 10/12/2014 e quarto em 30/11/2015, totalizando quatro cortes. Foram obtidas características morfoagronômicas de cada ano avaliado, conforme descrição a seguir:

a) Produtividade de matéria seca (PMS), em $t.ha^{-1}.ano^{-1}$: estimada pelo produto da densidade da matéria verde das plantas integrais (kg), obtido em balança digital suspensa, provenientes de cada área útil ($2m^2$), pela percentagem de matéria seca (%MS) obtida de amostragem destas plantas, estimada conforme as expressões a seguir:

$$PMS = PMF . \%MS$$

Sendo:

$$PMF = 5.MFP$$

$$\%MS = ASApróp . ASEprop .100$$

$$ASApróp = \frac{ASA (g)}{MFA (g)}$$

$$ASEprop = \frac{ASE (g)}{ASA (g)}$$

Em que:

PMF: produtividade média anual de matéria fresca, em $t.ha^{-1}$;

%MS: percentagem de matéria seca;

MFP: matéria fresca da parcela, em kg;

ASApróp: amostra seca ao ar, em proporção;

MFA: matéria fresca da amostra de três perfilhos da parcela, em gramas;

ASEprop: amostra seca em estufa, em proporção.

b) Número de perfilhos por metro linear (NP): obtido pela contagem do número de perfilhos com altura superior a 70 cm contidos na área útil de cada parcela.

c) Altura média das plantas (ALT): obtida com régua graduada em cm, confeccionada em ripa de madeira, medida do solo até a curvatura da última folha completamente expandida, expressa em m.

d) Diâmetro médio do colmo (DC): expresso em cm, tomado a uma altura de 10 cm do solo, por meio de um paquímetro digital.

4.2.2. Características da qualidade da biomassa

As análises da composição química da biomassa foram efetuadas no Laboratório de Zootecnia (LZO) da UENF, apenas para o terceiro corte anual (2014), seguindo procedimentos abaixo descritos:

a) Percentagem de matéria seca (%MS): estimada a partir do produto entre a ASA (amostra seca ao ar) e a ASE (amostra seca em estufa), as quais são obtidas a partir da pesagem de subamostras, de três perfilhos representativos de cada parcela, trituradas, pesadas e submetidas à pré-secagem em estufa de ar forçado, a 65 °C por 72 horas e, novamente, pesadas (ASA). Após a pré-secagem, as subamostras foram moídas em moinho tipo Willey com peneiras de 1 mm e acondicionadas em sacos plásticos. Posteriormente, as amostras foram novamente postas para secar em estufa a 105 °C, por 12 h (ASE).

b) Percentagem de cinzas (%CIN): estimada pela razão entre o peso da amostra seca resultante da incineração simples em mufla a 600 °C por 15 horas e o peso da amostra (ASA) conforme descrito por Rodrigues (2010).

c) Percentagem de fibra em detergente neutro (%FDN), d) percentagem de fibra em detergente ácido (%FDA), e) percentagem de lignina (%Lig) em ácido sulfúrico (H₂SO₄) a 72% e f) percentagem de celulose (%Cel): obtidos pelo método de Van Soest (1968), descrito por Rodrigues (2010).

4.3. Análises genético-estatísticas

4.3.1. Análise de variância individual e conjunta

Para análise estatística dos dados, primeiramente, efetuou-se uma análise de variância (ANOVA) e teste F para cada corte anual, considerando o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = \mu + G_i + B_j + \varepsilon_{ij}$$

Em que:

Y_{ij} : valor observado do i -ésimo genótipo no j -ésimo bloco;

μ : média geral;

G_i : efeito fixo do i -ésimo genótipo;
 B_j : efeito aleatório do j -ésimo bloco; e
 ε_{ij} : erro experimental.

Para a análise de variância conjunta foi considerado modelo estatístico de parcelas subdivididas, de acordo com Steel et al. (1997), conforme descrição a seguir:

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + B_j + \varepsilon_a + C_k + \varepsilon_b + GC_{ik} + \varepsilon_c$$

Em que:

Y_{ijk} : valor observado relativo ao i -ésimo genótipo no j -ésimo bloco, no k -ésimo corte;

μ : média geral do ensaio;

G_i : efeito fixo do i -ésimo genótipo;

B_j : efeito do j -ésimo bloco;

ε_a : efeito do erro a associado ao i -ésimo genótipo no j -ésimo bloco;

C_k : efeito fixo do k -ésimo corte;

ε_b : efeito do erro b associado ao j -ésimo bloco no k -ésimo corte;

GC_{ik} : efeito da interação do i -ésimo genótipo com o k -ésimo corte; e

ε_c : efeito do erro c associado ao i -ésimo genótipo no j -ésimo bloco, no k -ésimo corte.

4.3.2. Decomposição da interação em parte complexa

Uma vez detectada ocorrência de interação $G \times A$ (teste F significativo), procedeu-se à decomposição da interação em partes simples e complexa e às estimativas da estabilidade da produção de matéria seca, sendo que, cada corte anual foi considerado um ambiente de avaliação dos genótipos.

A decomposição da interação em parte complexa foi realizada conforme Cruz e Castoldi (1991), pela seguinte expressão:

$$C = \sqrt{(1-r)^2} \sqrt{Q_1 Q_2}$$

Em que:

Q_1 e Q_2 : quadrados médios de genótipos nos pares de ambientes e

r : correlação entre as médias dos genótipos nos dois ambientes.

Posteriormente, procedeu-se às estimativas da estabilidade da produtividade de matéria seca, sendo que, cada corte anual foi considerado um ambiente de avaliação dos genótipos. Foram utilizadas diferentes metodologias de estabilidade, fundamentadas em análise de variância e análise não paramétrica, conforme descrição a seguir.

4.3.3. Estimadores de Estabilidade Fenotípica

Para determinação da estabilidade fenotípica foram empregadas metodologias com base em análise de variância e análise não paramétricas, conforme descrição em Cruz et al. (2012; 2014). Considerou-se apenas a variável Produtividade de Matéria Seca ($t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$).

Método de Yates e Cochran (1938) ou Tradicional

Consiste na análise conjunta dos experimentos, considerando todos os ambientes e o posterior desdobramento da soma de quadrados dos efeitos de ambientes e da interação genótipos x ambientes, em efeitos de ambientes dentro de cada genótipo.

A variação de ambientes dentro de cada genótipo (QMA/G_i) é usada como estimativa da estabilidade, de modo que o genótipo que apresenta menor quadrado médio, ou seja, menor variância, nos vários ambientes, é considerado o mais estável.

Sua estimativa foi obtida pela expressão:

$$QM (A/G_i) = \frac{r}{a-1} \left[\sum_j \bar{Y}_{ij}^2 - \frac{(Y_i)^2}{a} \right]$$

Em que:

\bar{y}_{ij} : média do genótipo i ($i = 1, 2, \dots, g$), no ambiente j ($j = 1, 2, \dots, a$), e

r : número de repetições associado ao genótipo.

Método Plaisted e Peterson (1959)

O estimador do parâmetro de estabilidade deste método (θ_i) baseia-se na média aritmética dos componentes de variância da interação entre pares de genótipos por ambientes ($\sigma_{g a_{ii'}}^2$) que envolve um determinado genótipo particular. O genótipo com menor percentual de θ_i é considerado o mais estável. Sua estimativa foi obtida pela expressão:

$$\theta_i = \frac{1}{g-1} \left[\sum_{i'} \sigma_{g a_{ii'}}^2 \right] \text{ com } i \neq i'$$

A contribuição relativa de cada genótipo foi calculada por:

$$\theta_i(\%) = \frac{\theta_i \times 100}{g \sigma_{ga}^2}$$

Método de Kang e Phan (1991)

Realizou-se o ranqueamento dos genótipos, com base nos estimadores $QM(A/Gi)$, de Yates e Cochran e θ_i , de Plaisted e Peterson. Na sequência, ranquearam-se os genótipos em ordem decrescente, com base nas estimativas das médias de PMS. Os valores do ranqueamento de cada genótipo foram somados e, assim, obteve-se a soma das classificações, a qual constitui o estimador do método.

Método de Annicchiarico (1992)

A estabilidade é medida pela superioridade do genótipo em relação à média de cada ambiente, ou seja, considera-se, simultaneamente, o desempenho do genótipo e sua estabilidade, de forma que os maiores valores do índice de recomendação (ω_i) são obtidos para aqueles de maior média percentual e menor desvio.

As medidas desta estabilidade são dadas por:

$$\omega_i = \hat{\mu}_i - z_{(1-\alpha)} \hat{\sigma}_{zi}$$

Em que:

ω_i : índice de confiança;

$\hat{\mu}_i$: média percentual;

$z_{(1-\alpha)}$: percentil da função da distribuição normal padrão, para o qual a função de distribuição normal atinge o valor $1 - \alpha$, sendo $\alpha=0.25$; e

$\hat{\sigma}_{zi(a)}$: desvio-padrão dos valores Z_{ij} , do i -ésimo genótipo.

Método de Lin e Binns (1988)

A medida para estimar a estabilidade dos genótipos é definida pelo quadrado médio da distância entre a média do genótipo e a resposta média máxima obtida no ambiente.

A medida de superioridade foi calculada por:

$$P_i = \frac{\sum_{j=1}^n (X_{ij} - M_j)^2}{2n}$$

Em que:

P_i : índice de superioridade de i -ésimo genótipo;

X_{ij} : produtividade do i -ésimo genótipo no j -ésimo local;

M_j : resposta máxima obtida entre todos os genótipos no j -ésimo local; e

n : número de locais.

A seguir, procedeu-se à decomposição da expressão para a obtenção do desvio genético e devido à interação.

O desvio genético foi quantificado por:

$$\frac{n(\bar{Y}_i - \bar{M})^2}{2n}$$

e o desvio da interação foi obtido pela expressão:

$$\sum_{j=1}^n \frac{(Y_{ij} - \bar{Y}_i - M_j + \bar{M})^2}{2n},$$

Em que:

$\bar{Y}_i = \frac{\sum_{j=1}^n Y_{ij}}{n}$ é a média do genótipo i; e

$\bar{M} = \frac{\sum_{j=1}^n M_j}{n}$ é a média dos genótipos com resposta máxima.

Método de Huenh (1990)

A estabilidade dos genótipos é avaliada por meio das estatísticas S_1 , S_2 e S_3 , baseadas na classificação dos genótipos nos vários ambientes em relação aos dados originais ou aos efeitos $\hat{G}A_{ij}$. Neste último caso, as estimativas dos efeitos da interação genótipos por ambientes foram obtidos por meio da expressão:

$$\hat{G}A_{ij} = Y_{ij} - \bar{Y}_i - \bar{Y}_j + \bar{Y}_.$$

Em que:

Y_{ij} é a média do i-ésimo genótipo no j-ésimo ambiente;

\bar{Y}_i é a média geral i-ésimo genótipo;

\bar{Y}_j é a média geral j-ésimo ambiente; e

$\bar{Y}_.$ é média geral do ensaio.

As medidas não paramétricas de estabilidade, denotadas por S_1 , S_2 e S_3 , foram obtidas conforme descrição a seguir:

S_{1i} : média das diferenças absolutas entre as classificações do genótipo i nos ambientes, dadas por:

$$S_{1i} = \frac{\sum_{j>j'} |r_{ij} - r_{ij'}|}{\frac{a(a-1)}{2}};$$

Em que:

r_{ij} : classificação do genótipo i no ambiente j ;

a : número de ambientes.

S_{2i} : variância das classificações do genótipo i nos ambientes, dada por:

$$S_{2i} = \frac{\sum_j (r_{ij} - \bar{r}_i)^2}{a-1};$$

Em que:

$$\bar{r}_i = \frac{\sum_j r_{ij}}{a};$$

S_{3i} : soma dos desvios absolutos da cada classificação em relação à média das classificações, dada por:

$$S_{3i} = \frac{\sum_j |r_{ij} - \bar{r}_i|}{\bar{r}_i}$$

Comparação das metodologias de estabilidade

Para avaliar o grau de associação entre as diferentes metodologias de estabilidade, foi utilizado o coeficiente de correlação de Spearman (ρ), considerando o ordenamento dos genótipos decorrente de cada método e calculado pela expressão:

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

Em que:

$d_i = x_i - y_i$ a diferença de postos dos escores X e Y .

Para verificar a significância do valor observado de ρ foi realizado teste t de Student. A correlação varia entre -1 e 1 , e, quanto mais próximo estiver desses extremos, maior será a associação entre as variáveis, sendo que o sinal negativo indica que as variáveis variam em sentidos opostos.

4.3.4. Índices de seleção

As estimativas da predição dos ganhos por seleção, utilizando índices de seleção, foram efetuadas para: (1) características morfoagronômicas e (2) características da qualidade da biomassa e produtividade de matéria seca. No primeiro caso, utilizaram-se as médias de quatro cortes anuais (2012-2015), enquanto que no segundo, foram utilizados dados apenas do terceiro corte anual (ano 2014). Adotou-se uma porcentagem de seleção de 24.10%, sendo selecionados os 20 melhores genótipos.

A predição dos ganhos por índices de seleção foi fundamentada em um ideótipo. Deste modo, almejou-se obter na seleção genótipos com maiores ganhos em produtividade de matéria seca (PMS) e número de perfilho (NP), aumento nos teores de lignina (LIG) e celulose (CEL) e menores teores de cinzas (CIN).

Assim sendo, empregaram-se os seguintes índices: índice clássico (Smith, 1936; Hazel, 1943), índice baseado em soma de “ranks” (Mulamba e Mock, 1978) e índice da distância genótipo-ideótipo (Cruz, 2006), conforme segue abaixo:

Índice de Smith (1936) e Hazel (1943)

O índice proposto independentemente por Smith (1936) e Hazel (1943) é denotado pela combinação linear dos valores fenotípicos dos vários caracteres de importância econômica, ponderadas por coeficientes que são determinados de modo a maximizar a correlação entre o índice de seleção e o agregado genotípico. Este agregado, por sua vez, é estabelecido por outra combinação linear dos valores genéticos ponderados por seus respectivos pesos econômicos (Cruz et al., 2014).

O índice de seleção (I) e o agregado genotípico (H) são descritos por:

$$I = b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n = \sum_{i=1}^n b_i x_i = b'x$$

$$H = a_1g_1 + a_2g_2 + \dots + a_ng_n = \sum_{i=1}^n a_i g_i = a'g$$

Em que:

n: número de caracteres avaliados;

p: número de genótipos avaliados;

b': vetor de dimensão 1 x n dos coeficientes de ponderação do índice de seleção a ser estimado;

x: matriz de dimensão n x p de valores fenotípicos dos caracteres;

a': vetor de dimensão 1 x n de pesos econômicos previamente estabelecidos;

g: matriz de dimensão n x p de valores genéticos desconhecidos dos n caracteres considerados.

O vetor b é estimado por:

$$b = P^{-1}Ga$$

Em que:

b: estimador do vetor de dimensão 1 x n dos coeficientes de ponderação do índice de seleção;

P^{-1} : inversa da matriz de dimensão, de dimensão n x n, de variância e covariâncias fenotípicas entre os caracteres; e

Ga: matriz, de dimensão n x n, de variância e covariâncias genéticas entre os caracteres.

O ganho esperado para o caráter j, quando a seleção é praticada sobre o índice, é expresso por:

$$\Delta g_{j(i)} = DS_{j(i)} h_j^2$$

Em que:

$\Delta g_{j(i)}$: ganho esperado para o caráter j, com a seleção baseada no índice I;

$DS_{j(i)}$: diferencial de seleção do caráter j, com a seleção baseada no índice I;

h_j^2 : herdabilidade do caráter j.

Índice baseado em soma de postos ou Ranks (Mulamba e Mock, 1978)

O índice consiste em classificar os genótipos em relação a cada um dos caracteres, em ordem favorável ao melhoramento. Uma vez classificados, são somadas as ordens de cada genótipo, resultando no índice de seleção, como descrito a seguir:

$$I = p_1r_1 + p_2r_2 + \dots + p_nr_n$$

Em que:

p_j : peso econômico atribuído ao j -ésimo caráter;

I : valor do índice para determinado indivíduo ou família;

r_j : rank de um indivíduo em relação ao j -ésimo caráter;

n é o número de caracteres considerado no índice.

Método da distância genótipo - ideótipo (Cruz, 2006)

O método equivale à raiz quadrada do P_i calculado a partir dos escores gerados pela técnica de componentes principais obtidos com base nos dados padronizados. O índice foi obtido pela expressão:

$$G_i = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \left(\frac{x_{ij} - m_j}{p_j} \right)^2}$$

Em que:

G_i : distância Genótipo-Ideótipo;

X_{ij} : escore referente ao i -ésimo tratamento no j -ésimo componente principal;

M_j : escore ótimo observado entre todos os tratamentos no componente principal j ;

p_j : peso econômico atribuído ao j -ésimo caráter.

Para a predição dos ganhos genéticos pelos índices de seleção, descritos anteriormente, foram adotados como pesos econômicos: coeficientes de variação genético (CVg), desvio-padrão genético (DPg), índices de variação ($Iv = CVg/CVe$), herdabilidade (h^2) e pesos atribuídos por tentativas (PA), conforme especificados na tabela 2.

Tabela 2. Valores dos coeficientes de variação genético (CVg), desvio-padrão genético (DPg), índices de variação (lv), herdabilidade (h^2) e pesos atribuídos por tentativas (PA), adotados como pesos econômicos. Campos dos Goytacazes, 2016.

Características morfoagronômicas					
Cortes anuais de 2012-2015					
	CVg	DPg	lv	h^2	PA
PMS	18,870	5,840	0,763	53,785	100
%MS	6,280	2,140	0,915	62,601	1
NP	23,590	13,50	0,999	66,642	50
ALT	8,260	0,250	1,779	86,353	1
DC	10,430	1,340	1,850	87,258	1
Características da qualidade da biomassa					
Corte anual - 2014					
	CVg	DPg	lv	h^2	PA
PMS	22,490	5,260	0,802	56,241	100
FDA	4,900	2,500	0,610	42,634	40
CEL	5,320	2,140	0,630	44,230	50
LIG	9,650	0,800	0,656	46,275	20
CIN	12,420	0,910	0,982	65,849	1

PMS: produtividade de matéria seca; %MS: percentagem de matéria seca; NP: número de perfilhos; ALT: altura de plantas; DC: diâmetro de colmos; FDA: fibra em detergente ácido; CEL: celulose; LIG: lignina; CIN: cinzas.

O processamento das análises genético-estatísticas deu-se com o auxílio do Programa Computacional Genes (Cruz, 2013).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Estabilidade da produção anual de biomassa energética de genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) no Norte Fluminense

5.1.1. Análise de variância individual e conjunta

Foi verificado por meio das análises de variância individuais que, para a característica produtividade de matéria seca (PMS), apenas no 2º corte anual o efeito de genótipos não foi significativo, enquanto que, nos demais cortes avaliados, houve diferenças significativas a nível de 1% (1º e 3º cortes) e 5% (4º corte) de probabilidade pelo teste F. A média de PMS variou de 23,09 a 41,90 t.ha⁻¹.ano⁻¹, nos cortes 4 e 2, respectivamente (tabela 3).

Os valores de quadrados médios do resíduo (QMR) obtidos nas análises de variância individuais referentes à PMS (tabela 3) resultaram numa relação entre o maior e o menor quadrado médio residual igual a 6,57, o que indica relativa homogeneidade de variâncias, permitindo a utilização de todos os cortes avaliados na análise variância conjunta.

Tabela 3. Resumo da análise de variância individual para a característica produtividade de matéria seca (PMS), em t ha⁻¹.ano⁻¹, avaliada em quatro cortes anuais e em 83 genótipos de capim-elefante. Campos dos Goytacazes – RJ.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio			
		Corte 1	Corte 2	Corte 3	Corte 4
Blocos	1	20,01	228,1	536,54	209,57
Genótipos	82	338,43**	367,79 ^{ns}	96,94**	91,01*
Resíduo	82	162,84	261,37	39,77	61,37
Média		35,25	41,9	23,59	23,09
CVe (%)		36,2	38,58	26,73	33,93

^{ns}, ** e * não significativo e significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Os resultados da análise de variância conjunta em relação à PMS dos genótipos, comuns aos quatro cortes anuais, encontram-se na Tabela 4. Houve diferenças significativas, a 1% de probabilidade, entre os genótipos e entre os cortes, bem como efeitos significativos para as interações genótipos x cortes anuais (G x A) ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F (tabela 4).

Tabela 4. Resumo da análise de variância conjunta para a característica produtividade de matéria seca (PMS), em t ha⁻¹.ano⁻¹, avaliada em quatro cortes anuais e em 83 genótipos de capim-elefante. Campos dos Goytacazes – RJ.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio
Bloco	1	582,49
Genótipos	82	507,94**
Erro A	82	234,74
Cortes	3	14073,02**
Erro B	3	137,24
G x A	246	128,74*
Erro C	246	96,87
Média geral		30,96
CV(%)		31,79
QMr+/QMr-		6,57

^{ns}, ** e * não significativo e significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Tais resultados indicam que há variabilidade para seleção entre os genótipos, assim como, variação entre os cortes anuais estudados. Já a significância da interação G x A evidencia a ocorrência de resposta diferencial dos

genótipos aos ambientes, o que torna justificável o estudo da estabilidade fenotípica, visando à identificação dos genótipos mais estáveis e produtivos.

Quanto à precisão experimental, representada pelo coeficiente de variação (CV), obteve-se uma estimativa equivalente a 31,79%, condizendo com valores normalmente encontrados em trabalhos com a cultura sob condições de campo (Oliveira et al., 2014; Rossi et al., 2014; Rocha et al., 2015).

5.1.2. Estimativas das interações complexas

A análise da natureza da interação genótipos x cortes anuais para PMS é apresentada na tabela 5. Pode-se observar que das seis possíveis comparações efetuadas entre os cortes, quatro apresentaram estimativas percentuais superiores a 50% expressando interação do tipo complexa, o que indica completa falta de correlação nos comportamentos genotípicos entre os ambientes.

Tabela 5. Estimativas das interações complexas (%C), em quatro cortes anuais, para produção de matéria seca (PMS), em 83 genótipos de capim-elefante. Campos dos Goytacazes - RJ.

Cortes	Interações complexas (%C)
1 x 2	65,65
1 x 3	47,67
1 x 4	57,51
2 x 3	49,13
2 x 4	55,54
3 x 4	74,71

A interação do tipo complexa revela a inconsistência da superioridade dos genótipos nos ambientes avaliados, tornando mais difícil a seleção e, ou a recomendação destes. Para atenuá-la, alguns procedimentos como a identificação de genótipos específicos para cada ambiente, à realização de zoneamento ecológico e a identificação de cultivares com maior estabilidade fenotípica podem ser adotadas (Ramalho et al., 2012).

Depreende-se, portanto, que ao longo dos anos estudados, os genótipos sofreram diferentes influências, principalmente relacionadas às variações climáticas, de modo que, nos diferentes cortes houve mudanças nas

classificações dos genótipos. Em consequência, a análise de estabilidade é o meio mais oportuno para indicação de genótipos.

5.1.3. Análise das estimativas de estabilidade

As estimativas de estabilidade fenotípica dos genótipos, apresentadas na tabela 6, foram efetuadas com base apenas na variável produtividade de matéria seca (PMS) em $t.ha^{-1}.ano^{-1}$. Para efeito de comparação entre as diferentes metodologias de estabilidade, os resultados das estatísticas foram discutidos considerando uma intensidade de seleção de 14,46%, o que corresponde aos doze primeiros genótipos da população.

Método Tradicional (YC)

A avaliação da estabilidade do desempenho dos genótipos com base no Método Tradicional (tabela 6) mostrou que os genótipos mais estáveis para a PMS, por apresentarem menor variação nos ambientes foram, em ordem decrescente de estabilidade, 8, 81, 55, 1, 24, 83, 51, 31, 46, 13, 5 e 70, com valores de quadrado médio de ambientes dentro de genótipo (QMA/G_i) de 8,627, 20,027, 32,861, 33,698, 37,467, 52,231, 60,292, 63,108, 66,252, 66,802, 70,480 e 76,256, respectivamente. Contudo, a classificação desses genótipos quanto à média de PMS nos quatro cortes de avaliação não foi satisfatória, com os mesmos classificados nas 80^a, 82^a, 39^a, 57^a, 78^a, 77^a, 68^a, 69^a, 66^a, 56^a, 52^a e 81^a posições, respectivamente.

Por outro lado, os doze genótipos mais produtivos foram 38, 39, 67, 43, 41, 47, 33, 22, 69, 58, 48 e 52, classificaram-se quanto ao QMA/G_i, na 52^a, 67^a, 83^a, 80^a, 81^a, 60^a, 82^a, 58^a, 35^a, 78^a, 48^a e 33^a posições, respectivamente. Nota-se que houve tendência dos genótipos mais produtivos serem indicados como os mais instáveis (tabela 6). Foi observado coeficiente de correlação igual a -0.73 entre as classificações quanto a PMS média e o QMA/G_i (tabela 7). Esses resultados são condizentes com a principal desvantagem do método relatada na literatura, de que os genótipos com menores variâncias entre os ambientes são, em geral, os menos produtivos (Cargnelutti Filho et al., 2007; Cruz et al., 2012).

Tabela 6. Valores das médias para produtividade de matéria seca (PMS) e estimativas dos métodos Yates e Cochran (YC), Plaisted e Peterson (PP), Kang e Phan (KP) aplicados aos métodos Yates e Cochran (KP+YC), Plaisted e Peterson (KP+PP), Annichiarico (AN), Lin e Binns (LB) e Huenh (KP+HU) com seus respectivos rankins (P), para os 83 genótipos(G) de capim-elefante, Campos dos Goytacazes-RJ, 2016.

G	YC		PP		KP		ANN		LB		HU									
	PMS	P	QM (A/Gi)	P	θ (%)	P	KP + YC	P	KP+PP	P	Ann (%)	P	Pi	P	S ₁	P	S ₂	P	S ₃	P
1	26,00	57	33,70	4	1,10	49	61	10	106	70	81,83	53	619,74	58	37,83	74	970,25	75	2,45	74
2	31,72	38	638,48	74	2,57	64	112	78	102	65	89,21	42	382,84	37	44,83	83	1279,58	83	2,48	76
3	36,37	18	221,16	42	-0,01	31	60	9	49	8	112,77	18	288,86	22	22,17	29	310,92	26	1,11	19
4	17,00	83	95,80	15	-0,14	22	98	64	105	69	51,83	83	925,06	81	23,17	31	358,92	31	1,56	35
5	27,14	52	70,48	11	-0,09	26	63	12	78	36	85,17	49	555,27	54	39,17	76	968,25	74	3,15	80
6	22,51	75	303,56	53	2,43	62	128	83	137	79	62,42	78	730,82	73	27,67	42	500,67	42	1,07	17
7	36,5	16	351,96	55	0,46	42	71	19	58	14	113,05	17	278,36	19	31,33	56	611,33	55	2,28	69
8	19,29	80	8,63	1	1,44	51	81	32	131	76	61,14	79	876,15	80	10,33	5	70,33	5	0,39	3
9	25,23	58	84,61	14	0,01	32	72	20	90	53	78,13	57	617,01	57	31,83	58	680,92	61	2,09	57
10	27,17	51	128,87	25	-0,23	20	76	25	71	28	83,92	51	548,33	53	27,00	39	449,00	38	1,80	46
11	38,42	14	545,22	70	1,17	50	84	39	64	19	115,92	13	211,39	11	33,50	64	788,92	64	2,35	71
12	22,73	74	115,41	20	0,86	47	94	59	121	75	70,11	71	723,50	72	32,50	60	794,25	65	1,82	47
13	26,14	56	66,80	10	1,91	57	66	14	113	72	81,57	54	636,62	63	22,00	28	347,00	30	0,94	14
14	23,47	70	165,26	32	-1,01	4	102	71	74	33	72,36	69	647,22	64	13,67	10	115,33	10	2,00	53
15	32,79	34	413,77	61	-0,08	27	95	60	61	16	98,78	30	337,93	31	28,00	43	498,00	41	1,82	48
16	23,8	67	256,16	47	0,31	38	114	79	105	68	70,88	70	650,54	65	30,17	51	554,92	46	2,10	58
17	27,09	53	138,87	28	-0,13	23	81	33	76	35	82,91	52	545,94	52	28,33	45	573,67	50	1,94	52
18	30,61	41	105,74	17	-0,10	25	58	6	66	20	96,58	35	455,24	41	28,33	46	537,00	44	2,14	60
19	30,67	40	114,95	19	0,12	34	59	7	74	32	96,21	38	456,84	42	36,83	71	929,58	72	3,41	82

Tabela 6, cont.

		YC			PP			KP			ANN			LB			HU			
G	PMS	P	QM (A/Gi)	P	θ (%)	P	KP + YC	P	KP+PP	P	Ann (%)	P	Pi	P	S ₁	P	S ₂	P	S ₃	P
20	PMS	59	202,69	39	0,09	33	98	65	92	56	76,71	62	609,68	56	24,50	34	366,92	32	1,52	33
21	29,62	44	161,17	31	0,61	45	75	22	89	51	91,94	41	489,97	46	32,17	59	678,92	60	2,36	72
22	42,14	8	369,22	58	-0,45	13	66	15	21	1	133,78	7	141,48	8	24,83	36	416,92	35	2,24	67
23	36,00	21	708,34	77	2,66	67	98	66	88	49	101,75	28	251,91	15	14,67	12	148,67	12	0,56	5
24	20,92	78	37,47	5	-0,24	19	83	37	97	62	67,03	76	773,00	77	21,67	26	315,00	27	1,39	29
25	35,52	23	480,66	66	2,40	60	89	52	83	43	106,75	23	318,99	28	25,17	37	418,92	36	1,22	20
26	24,05	65	134,70	26	-1,00	5	91	55	70	27	75,65	65	632,54	62	15,33	14	153,67	13	2,17	64
27	29,01	46	227,53	43	-0,02	30	89	53	76	34	88,46	44	465,93	44	30,33	52	571,67	49	2,15	62
28	38,47	13	528,58	69	2,33	59	82	36	72	29	114,46	16	219,23	12	31,00	55	655,00	56	1,33	27
29	34,02	28	718,57	79	2,75	69	107	77	97	59	96,54	36	310,34	26	36,50	69	879,58	69	1,65	37
30	35,50	24	683,05	76	2,90	71	100	69	95	58	102,34	25	287,59	21	43,17	82	1224,25	81	2,38	73
31	23,59	69	63,11	8	-0,40	15	77	26	84	45	74,83	67	673,00	68	17,83	19	206,92	19	1,28	23
32	36,21	20	361,47	57	-0,16	21	77	27	41	5	110,44	21	257,67	16	30,83	54	588,25	52	2,20	65
33	42,63	7	941,37	82	5,98	81	89	54	88	48	121,25	10	140,30	7	23,17	32	421,58	37	0,87	10
34	34,38	26	609,74	73	2,56	63	99	68	89	50	97,33	33	299,87	23	37,17	73	939,58	73	2,15	63
35	32,59	36	356,69	56	1,86	56	92	56	92	55	96,00	39	380,70	36	20,33	23	262,33	20	0,94	15
36	37,62	15	469,35	65	0,38	40	80	30	55	13	115,22	15	226,33	13	32,67	61	657,67	57	2,03	55
37	32,90	33	378,41	59	-0,40	14	92	57	47	7	99,69	29	333,12	30	22,50	30	326,25	28	1,73	41
38	52,04	1	297,55	52	0,17	37	53	4	38	3	165,53	1	45,66	2	31,67	57	604,67	54	2,24	66
39	50,93	2	487,68	67	2,60	65	69	17	67	24	158,23	2	62,70	4	39,17	77	977,58	77	2,07	56
40	29,11	45	204,29	41	-0,08	28	86	46	73	31	88,73	43	465,67	43	3,83	1	8,92	1	0,22	1
41	46,24	5	866,91	81	4,68	77	86	47	82	41	136,19	6	82,36	5	15,17	13	168,92	15	0,52	4

YC: Yates e Cochran, PP: Plaisted e Peterson, AN: Annichiarico, LB: Lin e Binns, HUS₁: estatística S₁ de Huenh, HUS₂: estatística S₂ de Huenh, HUS₃: estatística S₃ de Huenh, KP+YC: Kang e Phan associado ao método Yates e Cochran e KP+PP: Kang e Phan associado ao método a Plaisted e Peterson.

Tabela 6, cont.

YC			PP			KP			ANN		LB		HU							
G	PMS	P	QM (A/Gi)	P	θ (%)	P	KP + YC	P	KP+PP	P	Ann (%)	P	Pi	P	S ₁	P	S ₂	P	S ₃	P
42	32,18	37	233,00	44	0,16	36	81	34	73	30	98,69	31	379,02	35	11,17	6	78,92	6	0,65	8
43	49,22	4	826,47	80	3,78	75	84	40	79	37	148,54	3	44,60	1	8,33	3	44,67	3	0,26	2
44	26,21	55	253,19	46	2,42	61	101	70	116	73	77,65	59	590,36	55	24,00	33	378,00	33	1,22	21
45	35,47	25	435,08	63	0,55	43	88	50	68	25	107,97	22	286,25	20	33,50	65	702,25	62	1,91	51
46	24,00	66	66,25	9	0,13	35	75	23	101	64	75,99	64	659,71	66	19,67	21	284,33	23	1,31	25
47	44,86	6	411,83	60	0,66	46	66	16	52	9	138,55	5	114,62	6	33,00	63	746,00	63	1,73	40
48	39,13	11	266,16	48	1,62	53	59	8	64	18	120,99	12	243,66	14	13,17	9	131,58	11	0,59	6
49	33,60	30	169,24	34	3,67	73	64	13	103	66	104,03	24	444,80	40	40,00	78	1233,67	82	1,89	50
50	36,32	19	289,68	51	5,30	79	70	18	98	63	111,86	20	359,45	33	40,83	80	1140,92	79	1,79	44
51	23,62	68	60,29	7	-0,03	29	75	24	97	61	74,38	68	674,02	69	34,83	66	884,92	71	3,46	83
52	38,58	12	168,09	33	0,40	41	45	3	53	11	121,13	11	267,03	17	36,83	72	879,58	70	2,81	79
53	33,07	32	268,49	49	-0,63	10	81	35	42	6	101,99	27	346,74	32	28,50	47	555,58	47	2,33	70
54	35,84	22	202,85	40	0,35	39	62	11	61	15	111,94	19	300,93	24	16,33	17	187,33	18	0,91	13
55	31,04	39	32,86	3	2,65	66	42	1	105	67	98,43	32	497,60	47	35,33	67	876,33	68	1,62	36
56	27,31	50	143,32	29	-0,35	16	79	29	66	22	85,51	47	540,45	51	21,67	27	302,00	25	2,00	54
57	24,80	61	98,93	16	6,02	82	77	28	143	81	77,66	58	736,67	74	28,00	44	548,33	45	1,07	18
58	41,31	10	714,54	78	3,82	76	88	51	86	47	122,31	9	182,66	9	36,50	70	874,25	67	1,68	39
59	32,69	35	417,50	62	2,12	58	97	62	93	57	96,34	37	365,59	34	19,00	20	270,00	21	0,91	12
60	33,72	29	657,12	75	2,72	68	104	73	97	60	94,02	40	311,55	27	29,67	48	579,67	51	1,50	32
61	28,19	48	511,70	68	3,05	72	116	81	120	74	80,79	55	519,00	49	27,50	40	504,92	43	1,43	31
62	36,46	17	198,32	38	-0,57	11	55	5	28	2	115,30	14	272,63	18	16,67	18	178,67	17	1,29	24
63	19,96	79	135,23	27	-1,13	1	106	75	80	39	60,82	80	776,56	78	12,17	7	94,92	7	2,69	78

YC: Yates e Cochran, PP: Plaisted e Peterson, AN: Annichiarico, LB: Lin e Binns, HUS₁: estatística S₁ de Huenh, HUS₂: estatística S₂ de Huenh, HUS₃: estatística S₃ de Huenh, KP+YC: Kang e Phan associado ao método Yates e Cochran e KP+PP: Kang e Phan associado ao método a Plaisted e Peterson.

Tabela 6, cont.

YC			PP			KP			ANN			LB			HU					
G	PMS	P	QM (A/Gi)	P	θ (%)	P	KP + YC	P	KP+PP	P	Ann (%)	P	Pi	P	S ₁	P	S ₂	P	S ₃	P
64	24,29	64	122,26	23	-1,09	2	87	49	66	23	77,24	61	623,47	60	6,17	2	24,92	2	0,89	11
65	30,41	42	435,48	64	1,01	48	106	76	90	52	87,54	46	405,68	38	32,83	62	662,92	59	1,79	45
66	33,16	31	333,48	54	-0,64	9	85	43	40	4	102,17	26	331,45	29	26,50	38	462,92	39	2,65	77
67	49,86	3	976,97	83	5,65	80	86	48	83	42	148,54	4	59,92	3	42,00	81	1158,00	80	2,15	61
68	23,00	72	151,64	30	-0,57	12	102	72	84	46	69,87	72	665,13	67	21,50	25	331,58	29	2,45	75
69	41,58	9	170,86	35	0,60	44	44	2	53	10	129,74	8	208,31	10	35,67	68	804,67	66	1,85	49
70	18,55	81	76,26	12	6,15	83	93	58	164	83	57,08	81	978,63	83	38,17	75	976,92	76	1,67	38
71	34,08	27	547,84	71	1,68	54	98	67	81	40	97,25	34	307,01	25	29,67	49	592,33	53	1,37	28
72	24,37	63	121,45	22	-0,76	7	85	44	70	26	76,02	63	622,31	59	16,17	15	172,92	16	1,55	34
73	24,88	60	79,45	13	-0,13	24	73	21	84	44	77,37	60	629,84	61	29,83	50	566,92	48	2,11	59
74	28,06	49	184,65	36	-0,35	17	85	45	66	21	85,49	48	504,52	48	27,50	41	470,92	40	1,76	42
75	26,72	54	272,46	50	-0,69	8	104	74	62	17	79,90	56	524,35	50	13,00	8	106,00	8	1,26	22
76	22,80	73	233,93	45	-0,33	18	118	82	91	54	67,51	75	675,13	70	13,67	11	112,67	9	0,97	16
77	24,67	62	108,32	18	5,25	78	80	31	140	80	75,61	66	744,40	76	16,17	16	164,92	14	0,62	7
78	23,24	71	124,48	24	3,67	74	95	61	145	82	69,85	73	739,41	75	40,17	79	1082,92	78	2,25	68
79	30,07	43	601,80	72	2,79	70	115	80	113	71	84,70	50	438,75	39	30,67	53	662,67	58	1,40	30
80	28,34	47	192,66	37	-0,99	6	84	41	53	12	87,62	45	479,39	45	19,67	22	280,67	22	3,41	81
81	17,31	82	20,03	2	1,58	52	84	42	134	78	53,79	82	955,26	82	24,67	35	402,67	34	1,31	26
82	21,92	76	115,51	21	-1,04	3	97	63	79	38	68,49	74	705,15	71	10,17	4	69,58	4	1,77	43
83	21,31	77	52,23	6	1,69	55	83	38	132	77	66,97	77	786,70	79	21,17	24	294,25	24	0,85	9

YC: Yates e Cochran, PP: Plaisted e Peterson, AN: Annichiarico, LB: Lin e Binns, HUS₁: estatística S₁ de Huenh, HUS₂: estatística S₂ de Huenh, HUS₃: estatística S₃ de Huenh, KP+YC: Kang e Phan associado ao método Yates e Cochran e KP+PP: Kang e Phan associado ao método a Plaisted e Peterson.

Tabela 7. Estimativas da correlação de Spearman (ρ) entre os rankings para a média de produtividade de matéria seca (PMS) e diferentes métodos de estabilidade, obtidos em 83 genótipos de capim-elefante, Campos dos Goytacazes-RJ, 2016.

Método	TR	PP	AN	LB	HuS ₁	HuS ₂	HuS ₃	KP+TR	KP+PP
PMS	-0,730**	-0,323**	0,990**	0,986**	-0,297**	-0,284**	-0,041 ^{ns}	0,320**	0,557**
TR		0,379**	-0,660**	-0,778**	0,168 ^{ns}	0,160 ^{ns}	-0,065 ^{ns}	0,397**	-0,261*
PP			-0,266*	-0,253*	0,428**	0,444**	-0,295**	0,086 ^{ns}	0,565**
AN				0,972**	-0,289**	-0,275*	-0,067 ^{ns}	0,403**	0,603**
LB					-0,256*	-0,243*	-0,054 ^{ns}	0,231*	0,601**
HuS₁						0,996**	0,606**	-0,157 ^{ns}	0,128 ^{ns}
HuS₂							0,595**	-0,152 ^{ns}	0,156 ^{ns}
HuS₃								-0,131 ^{ns}	-0,260*
KP+TR									0,372**

^{ns}, ** e * não significativo e significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t de Student, sob H₀: ρ =0. YC: Yates e Cochran, PP: Plaisted e Peterson, AN: Annichiarico, LB: Lin e Binns, HUS₁: estatística S₁ de Huenh, HUS₂: estatística S₂ de Huenh, HUS₃: estatística S₃ de Huenh, KP+YC: Kang e Phan associado ao método Yates e Cochran e KP+PP: Kang e Phan associado ao método a Plaisted e Peterson.

Método de Plaisted e Peterson (PP)

Os genótipos mais estáveis para a PMS, por esta metodologia, foram 63, 64, 82, 14, 26, 80, 72, 75, 66, 53, 62, 68, por apresentarem menores valores $\% \theta_i$ (-1,13, -1,09, -1,04, -1,01, -1,00, -0,99, -0,76, -0,69, -0,64, -0,63, -0,57 e -0,57, respectivamente) sendo, portanto, os genótipos que menos contribuíram para a interação (tabela 6). Dentre estes, somente os genótipos 66, 53 e 62, tiveram médias de PMS superiores à média geral (30,96). Assim, pode-se observar que a estabilidade dos genótipos com base em PP, independe do rendimento médio e da resposta às mudanças das condições ambientais.

Ao analisar a associação dos rankings dos métodos de PP e YC com a PMS média, pode-se constatar que houve correlação negativa (tabela 7). De modo geral, os genótipos considerados mais estáveis segundo estas metodologias, não foram os mais produtivos corroborando com resultados observados por Rocha et al. (2015) trabalhando com 73 destes genótipos em regime de cortes semestrais.

Metodologia de Kang e Phan (KP)

Pelo método YC, os genótipos indicados como mais estáveis apresentaram baixos rendimentos, no entanto, ao realizar a reclassificação via metodologia de KP os melhores postos passaram a ser ocupados por genótipos com melhores rendimentos. Neste caso, as estimativas destacaram, em ordem decrescente de estabilidade, os genótipos 55, 69, 52, 38, 62, 18, 19, 48, 3, 1, 54 e 5 (tabela 6).

Já a reclassificação de KP + PP apontou como de maior estabilidade os genótipos 22, 62, 38, 66, 32, 53, 37, 3, 47, 69, 52 e 80 (tabela 6). Verifica-se que antes da ponderação os doze genótipos mais estáveis ocupavam péssimas posições quanto ao rendimento de matéria seca, de modo que, a correlação de PP com média de PMS foi de $\rho = -0,323$. Porém, após a reclassificação todos os genótipos recomendados, apresentaram PMS acima da média geral experimental, com exceção do genótipo 80.

Analisando a tabela 7, percebe-se que a correlação entre as indicações tanto de KP + YC quanto de KP+PP com a PMS média passaram a ser positivas,

embora de baixas magnitudes. Portanto, a ponderação de KP é bastante eficaz para associar a estabilidade e produtividade. Estes resultados corroboram com Marinho et al. (2012), Pena et al. (2012) e Rocha et al. (2015).

Método de Annicchiarico (ANN)

Pela metodologia de ANN ao considerar a análise de todos os cortes, pode-se afirmar que, os genótipos 38, 39, 43, 67, 47, 41, 22, 69, 58, 33, 52 e 48 serão 65,53%, 58,23%, 48,54%, 48,54%, 38,55%, 36,19%, 33,78%, 29,74%, 22,31%, 21,25%, 21,13% e 20,99% foram superiores à média dos ambientes, respectivamente. Além destes, outros dezesseis também tiveram índices de confiança acima de 100% (tabela 6).

Houve alta concordância entre o parâmetro de ANN e a PMS média ($\rho=0,990$) (tabela 7). Depreende-se, portanto, que os genótipos indicados como de maior estabilidade, a partir desta metodologia, são de fato os mais produtivos, condizendo com as conclusões obtidas por Rocha et al. (2015) em capim-elefante sob regime de cortes semestrais e com Cargnelutti Filho et al. (2007) na cultura do milho.

As medidas de estabilidade considerando todos os quatro cortes, indicaram os anos 2012 e 2013 (1º e 2º cortes) como favoráveis, uma vez que, os índices ambientais foram positivos. Já nos anos 2014 e 2015 (3º e 4º cortes) foram observados índices ambientais negativos, assim, classificando-se como ambientes desfavoráveis. Este resultado pode está relacionado ao manejo cultural, como quantidade de cortes realizados no mesmo experimento ou até mesmo a reposição insuficiente dos nutrientes.

Ao observar os doze genótipos com maior W_i geral, nota-se que todos mantiveram comportamento superior, tanto nos ambientes favoráveis quanto desfavoráveis, havendo apenas alteração nos postos que os mesmos ocupam em cada situação, com exceção do genótipo 33, o qual expressou desempenho ligeiramente inferior, -0,32%, nos ambientes desfavoráveis.

Método de Lin e Binns (LB)

As estimativas do índice de estabilidade P_i oscilaram entre 44.60 para o genótipo 43 e 978.63 para o genótipo 70. Os doze genótipos com maior estabilidade foram 43, 38, 67, 39, 41, 47, 33, 22, 58, 69, 11 e 28, pois obtiveram os menores valores de P_i : 44,60, 45,66, 59,92, 62,70, 82,36, 114,62, 140,30, 141,48, 182,66, 208,31, 211,39 e 219,23, respectivamente (tabela 6).

Os valores percentuais da contribuição genética dos genótipos estudados variaram de 43,22 a 98,83%. Dentre os doze genótipos citados, merecem destaque os genótipos 43, 41, 33 e 22, os quais obtiveram 1º, 5º, 7º e 8º menores valores de P_i , 4ª, 5ª, 7ª e 8ª maiores produtividades e 92,77%, 88,61%, 87,79% e 92,56% de contribuição genética, respectivamente.

Já os genótipos 38, 39 e 67 foram os três genótipos mais produtivos, com PMS equivalentes a 52,039, 50,934 e 49,857 t.ha⁻¹, e 2º, 4º e 3º mais estáveis, respectivamente. No entanto, os mesmos expressaram os menores percentuais de contribuição genética para a interação (43,22%, 43,51% e 59,78%, respectivamente), o que indica intensa influência do efeito da variação entre os anos de cortes estudados e que grande parte do alto desempenho não pode ser atribuída ao efeito genético dos genótipos.

Ao se comparar os resultados do método LB como a média PMS, houve uma tendência dos genótipos mais estáveis serem os mais produtivos, dada a alta correlação positiva e significativa a 1%, equivalente a $\rho=0,986$ (tabela 7). Rocha et al. (2015) também obtiveram genótipos amplamente adaptados e estáveis, associados a elevadas produtividades. Observa-se ainda, que o ranking dos genótipos por LB e ANN foi praticamente igual (Tabela 6) indicando forte associação entre estas metodologias conforme coeficiente de correlação de Spearman, $\rho=0,972$ (tabela 7).

Método de Huenh (HU)

De acordo com as medidas de estabilidade S_1 , S_2 e S_3 de Huenh (1990) apresentadas na tabela 6, o genótipo com máxima estabilidade apresenta S_1 , S_2 e S_3 iguais à zero. Todavia, as estimativas obtidas neste trabalho oscilaram nos

intervalos de 3,833 a 44,833, 8,9167 a 1279,6 e 0,2156 a 4,4622, para S_1 , S_2 e S_3 , respectivamente (tabela 7).

Constatou-se que os genótipos mais estáveis para a PMS, foram 40, 43, 8, 42, 48 e 23 por apresentarem os menores valores de S_1 , S_2 e S_3 . Contudo, tem-se como intuito maior obter genótipos mais produtivos e, dentre os genótipos anteriormente mencionados, merecem destaque os genótipos 43 e 48, os quais, além de terem desempenho mais estável, obtiveram bom rendimento de matéria seca, classificados quanto à PMS média nas posições 4^a e 11^a, respectivamente.

Os genótipos 64, 82, 63, 75, 14 e 76 também obtiveram boas estimativas de estabilidade de S_1 e S_2 , em oposição, os mesmos ocuparam os postos 64^o, 76^o, 79^o, 54^o, 70^o e 73^o quanto ao rendimento médio de matéria seca, em consequência disto, tornam-se desinteressantes uma vez que os genótipos ambicionados devem reunir alto rendimento e estabilidade.

5.2. Predição de ganhos por índices de seleção em genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) para fins energéticos

5.2.1. Características morfoagronômicas

As estimativas e as significâncias dos quadrados médios da análise de variância conjunta, assim como as médias, coeficientes de variação experimental (%CV) e os valores da razão entre o maior e menor quadrado médio do resíduo (QMr+/QMr-) para as características morfoagronômicas de 83 genótipos de capim-elefante, avaliadas em quatro cortes anuais, encontram-se na tabela 8.

Nota-se que os valores para QMr+/QMr- dos cortes, para cada característica estudada, não ultrapassaram a proporção 7:1, o que indica relativa homogeneidade das variâncias residuais (Cruz et al., 2012) e possibilitou a utilização de todos os cortes na análise de variância conjunta.

Observa-se que, com exceção da fonte de variação cortes (C) para característica diâmetro de colmo (DC), todas as demais características em estudo evidenciaram diferenças significativas pelo teste F ($p < 0,01$ ou $p < 0,05$). Desta forma, a significância para a fonte de variação genótipos permite concluir que há variabilidade genética e, portanto, há possibilidade de obtenção de ganhos com a seleção para tais características (tabela 8).

A magnitude dos valores do coeficiente de variação experimental oscilou entre 37,03 e 9,01 (tabela 8), sendo coerentes com os resultados normalmente encontrados em trabalhos com a cultura (Oliveira et al., 2014; Rossi et al., 2014; Rocha et al., 2015).

Tabela 8. Análise de variância conjunta e significâncias para os quadrados médios para cinco características avaliadas, médias e coeficientes de variação experimental, em quatro cortes anuais, em 83 genótipos de capim-elefante. Campos dos Goytacazes, 2016.

F,V,	G,L,	PMS	%MS	NP	ALT	DC
Blocos	1	582,49	29,52	1429,02	1,65	5,64
Genótipos (G)	82	507,94**	58,65**	2188,74**	0,61**	16,69**
Erro A	82	234,74	21,93	730,05	0,08	2,12
Cortes (C)	3	14073,02**	1389,92**	25091,46**	48,29**	83,79 ^{ns}
Erro B	3	137,24	31,56	269,44	0,92	16,96
G x C	246	128,74*	24,45*	467,76**	0,15**	3,96**
Erro C	246	96,87	19,22	264,85	0,06	1,96
Média	-	30,96	34,1	57,23	3,1	12,93
CVe(%)	-	31,79	12,85	28,43	7,9	10,83
QMR ⁺ /QMR ⁻	-	6,57	5,01	3,76	1,41	1,14

^{ns}, ** e * não significativo e significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

São apresentadas na tabela 9, as estimativas dos ganhos preditos percentuais para a seleção de características morfoagronômicas com base no índice de Smith (1936) e Hazel (1943), Mulamba e Mock (1978) e Distância Genótipo-Ideótipo (Cruz, 2006), utilizando como pesos econômicos coeficiente de variação genético (CVg), desvio-padrão genético (DPg), índice de variação (lv), herdabilidade (h^2) e pesos atribuídos por tentativas (PA).

Os ganhos percentuais preditos para o índice de Smith (1936) e Hazel (1943) permitiram a obtenção de ganhos simultâneos positivos para a característica principal, PMS, e para as características NP e %MS, para todos os pesos econômicos empregados. Já para as características ALT e DC, para todos os pesos econômicos, as estimativas obtidas para os ganhos foram negativos, indicando perspectivas de selecionar genótipos com menores alturas e diâmetros de colmo, o que não é interessante, uma vez que para fins energéticos se buscam plantas de porte elevado e de colmos grossos (tabela 9A).

Tabela 9. Estimativas dos ganhos percentuais por seleção simultânea baseada em cinco critérios de pesos econômicos, para características mofogronômicas avaliadas em 83 genótipos de capim-elefante, em quatro cortes anuais. Campos dos Goytacazes, 2016.

A					
Smith (1936) e Hazel (1943)					
Característica	CVg	DPg	Iv	h²	PA
PMS	14,26	10,72	15,7	15,62	16,52
%MS	1,36	1,32	1,67	1,85	1,73
NP	26,12	26,12	25,56	25,13	25,03
ALT	-1,84	-3,17	-1,26	-1,93	-0,53
DC	-7,15	-8,92	-6,31	-6,69	-5,68
B					
Mulamba e Mock (1978)					
Característica	CVg	DPg	Iv	h²	PA
PMS	18,01	16,78	9,54	13,98	18,47
%MS	0,91	1,45	0,46	1,2	1,41
NP	20,74	24,77	1,4	9,99	21,3
ALT	3,88	-0,63	8,44	7,05	2,18
DC	-1,12	-5,22	6,19	3,69	-2,33
C					
Genótipo-Ideótipo (Cruz, 2006)					
Característica	CVg	DPg	Iv	h²	PA
PMS	18,24	16,35	11,84	13,88	16,48
%MS	1,24	1,21	0,39	1,19	1,30
NP	21,25	21,79	6,40	8,86	23,87
ALT	3,09	-0,10	7,43	6,66	0,62
DC	-1,69	-4,77	4,10	2,64	-4,84

PMS: produtividade de matéria seca; %MS: percentagem de matéria seca; NP: número de perfilhos; ALT: altura de plantas; DC: diâmetro de colmos; CVg: coeficiente de variação genético; DPg: desvio padrão genético; Iv: índice de variação; h²: herdabilidade; PA: pesos atribuídos por tentativas.

Pelo o índice de seleção de Mulamba e Mock (1978), todos os pesos econômicos adotados possibilitaram ganhos simultâneos positivos para as características PMS, NP e %MS. Com relação à característica ALT os ganhos percentuais preditos obtidos foram positivos para os pesos econômicos CVg, h², Iv e PA. Já para o peso econômico DPg, houve ganho percentual negativo tanto em ALT quanto em DC (tabela 9B).

Ao considerar os pesos econômicos o CVg e PA, ocorreram ótimos ganhos em PMS, nas respectivas ordens de 18,01% e 18,47%, sendo estes os maiores valores percentuais de ganhos observados para PMS considerando todos os índices empregados. Com relação ao NP, tendo por base os pesos econômicos CVg e PA, os ganhos preditos foram nas ordens 20,74% e 21,30%,

respectivamente. Os ganhos para ALT e %MS também foram positivos, enquanto que, para DC os valores preditos foram negativos, neste caso, nas ordens de -1,12% e -2,33%, o que é indesejável, todavia, são valores de baixa magnitude e não significativos estatisticamente (tabela 9B).

Já quando se aplicaram os pesos econômicos lv e h^2 , houve estimativas positivas de ganhos para todas as características. Nota-se ganhos em PMS, nas ordens de 9.54% e 13.98%, sendo que o primeiro correspondeu ao menor valor estimado para PMS entre todos os índices empregados. Pode-se observar ainda, que a característica NP, quanto ao peso econômico lv apresentou o menor ganho estimado de todos os índices, contudo, esta redução acabou beneficiando as demais características, de forma que, proporcionou altos ganhos preditos, principalmente em ALT e DC (tabela 9B).

Para o índice da distância genótipo-ideótipo (Cruz, 2006), assim como aconteceu para o índice de seleção proposto por Mulamba e Mock (1978), os pesos econômicos lv e h^2 proporcionaram ganhos percentuais preditos positivos para todas as características. Para PMS, os ganhos foram de 11,84% considerando lv e 13,88% considerando h^2 como pesos, respectivamente. Para NP, considerando como critério os pesos lv e h^2 , os ganhos percentuais foram 6,40% e 8,86%, respectivamente. Os dois ponderadores econômicos propiciaram excelentes resultados, no entanto, pela h^2 os ganhos apresentaram distribuição mais uniforme entre as características (Tabelas 9C).

Com relação aos pesos econômicos CVg e PA, estes promoveram excelentes valores de ganhos preditos em PMS e NP, enquanto que, em %MS e ALT os ganhos foram praticamente nulos, porém com valores positivos, bem como para o DC, com valores negativos. Já o peso econômico DPg promoveu ganhos positivos em PMS, NP e %MS, enquanto que em ALT e DC os ganhos percentuais preditos foram negativos (tabela 9C).

A partir de uma análise geral da tabela 9, pode-se concluir que para a seleção simultânea de características morfoagronômicas em genótipos de capim-elfante, o índice de Mulamba e Mock (1978) tendo como parâmetro os pesos econômicos atribuídos por tentativas (PA) constituiu a melhor alternativa para seleção, seguida pelo índice da distância genótipo-ideótipo (Cruz, 2006) tendo como critério o CVg. Na tabela 10, são apresentados os genótipos selecionados, pelo índice de Mulamba e Mock (1978) com base em pesos econômicos

atribuídos por tentativas (PA), e as respectivas médias para as características morfoagronômicas.

Tabela 10. Médias das características morfoagronômicas avaliadas em 20 genótipos selecionados com base nos pesos econômicos atribuídos por tentativas (PA) pelo índice de Mulamba e Mock (1978). Campos dos Goytacazes, 2016.

Genótipos	PMS (t,ha ⁻¹)	% MS	NP	ALT (m)	DC (mm)
67	49,86	36,96	110,63	2,97	12,26
39	50,93	38,8	87,88	3,08	11,52
43	49,22	35,9	98,38	3,15	11,9
38	52,04	36,83	65,13	3,32	14,74
33	42,63	32,97	78,13	3,26	12,19
58	41,31	33,29	80,75	2,84	12,17
28	38,47	34,14	87,63	2,98	11,21
69	41,58	37,77	77,5	2,81	11,88
52	38,58	32,65	79,25	3,29	12,34
22	42,14	34,08	67,25	3,38	13,3
41	46,24	34,52	59,68	3,21	13,1
3	36,37	31,5	82,00	3,39	13,39
7	36,5	36,55	78,63	2,98	12,04
47	44,86	34,31	59,5	3,35	13,59
11	38,42	36,78	67,5	3,39	12,16
48	39,13	34,52	58,63	3,7	14,01
32	36,21	36,16	66,00	3,3	12,18
50	36,32	32,54	62,63	3,51	13,77
45	35,47	33,38	74,75	2,91	12,25
30	35,5	33,68	68,5	2,83	11,74

PMS: produtividade de matéria seca; %MS: percentagem de matéria seca; NP: número de perfilhos; ALT: altura de plantas; DC: diâmetro de colmos.

5.2.2. Características de qualidade da biomassa

Os resumos das análises de variância para produção de matéria seca (PMS), percentagens de Fibra em Detergente Neutro (% FDN), Fibra em Detergente Ácido (% FDA), Hemicelulose (% HEM), celulose (% CEL), lignina (% LIG) e cinzas (% CIN), avaliadas em 83 genótipos de capim-elefante, estão apresentados na Tabela 11.

Pode-se constatar que os genótipos avaliados diferiram significativamente ($p \leq 0,01$) pelo teste F quanto à PMS, % FDA, % CEL, % LIG e % CIN, indicando

que há variabilidade genética. Porém, não foram observadas diferenças significativas entre os genótipos em relação à % FDN e % HEM (tabela 11).

Tabela 11. Quadrados médios, médias e coeficientes de variação experimental para produtividade de matéria seca (PMS), percentagens de Fibra em Detergente Neutro (% FDN), Fibra em Detergente Ácido (% FDA), Hemicelulose (% HEM), celulose (% CEL), lignina (% LIG) e cinzas (% CIN), avaliados no terceiro corte anual/2014, em 83 genótipos de capim-elefante. Campos dos Goytacazes, 2016.

FV	GL	Quadrados médios						
		PMS (t.ha ⁻¹)	% FDN	% FDA	% HEM	% CEL	% LIG	% CIN
Blocos	1	536,54	58,21	11,50	16,65	11,94	1,75	0,06
Genótipo	82	96,94**	46,59 ^{ns}	29,53**	6,88 ^{ns}	20,77**	2,83**	2,57**
Resíduo	82	39,77	40,24	16,94	9,88	11,58	1,52	0,88
Média		23,59	78,38	51,13	27,24	40,24	8,38	7,4
CV(%)		26,73	8,09	8,05	11,54	8,46	14,71	12,65

^{ns}, ** e * não significativo e significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Uma vez que não houve diferenças significativas entre os genótipos quanto %FDN e %HEM, procedimentos seletivos sobre essas características não devem propiciar ganhos significativos nessas condições experimentais, desta forma, suas estimativas de ganhos genéticos devem ser desconsideradas.

As estimativas dos ganhos percentuais preditos obtidos pelos índices de seleção de Smith (1936) e Hazel (1943), Mulamba e Mock (1978) e Distância Genótipo-Ideótipo (Cruz, 2006), para a seleção praticada sobre características PMS, %FDA, %CEL, %LIG e %CIN são apresentadas na tabela 12.

Os ganhos percentuais preditos para PMS pelo índice de seleção de Smith e Hazel foram superiores em todos os pesos econômicos empregados, quando comparados aos ganhos com os respectivos pesos pelo índice de Mulamba e Mock (1978) e da Distância genótipo-ideótipo (Cruz, 2006) (tabela 12).

Dentre os pesos econômicos adotados para todos os índices de seleção, nota-se que o CVg proporcionou os maiores ganhos para a característica PMS, sendo o maior ganho percentual predito observado para o índice Smith e Hazel, na ordem de 21,39%, contudo, nas demais características os valores foram de baixa magnitude (Tabela 12A).

Tabela 12. Estimativas de ganhos genéticos percentuais obtidos com a seleção combinada das características produção de matéria seca e características da qualidade da biomassa, em genótipos de capim-elefante. Campos dos Goytacazes, 2016.

A					
Smith (1936) e Hazel (1943)					
Característica	CVg	DPg	lv	h²	PA
PMS	21,39	20,98	16,16	17,84	19,22
% FDA	1,12	1,22	1,61	1,54	1,30
% CEL	1,14	1,54	1,49	1,47	1,85
% LIG	1,06	1,84	2,43	2,29	1,85
% CIN	-1,10	-1,98	-0,92	-1,76	-2,82
B					
Mulamba e Mock (1978)					
Característica	CVg	DPg	lv	h²	PA
PMS	16,59	12,77	3,58	3,58	12,77
% FDA	1,67	2,06	2,11	2,11	2,06
% CEL	1,92	2,29	2,56	2,56	2,29
% LIG	3,84	3,44	4,40	4,40	3,44
% CIN	-6,11	-1,88	-7,30	-7,30	-1,88
C					
Genótipo-Ideótipo (Cruz, 2006)					
Característica	CVg	DPg	lv	h²	PA
PMS	18,41	18,07	13,35	13,35	17,40
% FDA	1,73	1,71	1,87	1,87	1,86
% CEL	1,70	2,04	2,15	2,15	2,08
% LIG	3,46	2,11	4,01	4,01	3,07
% CIN	-2,70	-2,76	-5,48	-5,48	-1,40

PMS: produtividade de matéria seca; % FDN: percentagem de Fibra em Detergente Neutro; % FDA: percentagem de Fibra em Detergente Ácido; % CEL: percentagem de celulose; % LIG: percentagem de lignina; % CIN: percentagem de cinzas; CVg: coeficiente de variação genético; DPg: desvio padrão genético; lv: índice de variação; h²: herdabilidade; PA: pesos atribuídos por tentativas.

Pode-se observar que a característica CIN revelou estimativas de ganhos percentuais negativos em todos os pesos econômicos para todos os índices de seleção. Estas estimativas negativas dos ganhos indicam a tendência de seleção de genótipos com menores teores de CIN, o que é desejável, pois materiais com teores de cinzas reduzidos, normalmente, apresentam maior poder calorífico (Tavares e Santos, 2013), provocam menores danos nos equipamentos, menor custo de manuseio e do processo da biomassa e, por fim, menor custo final da conversão em bioenergia (Shao et al., 2012).

Quando se utilizou o peso econômico do DPg no índice de Smith e Hazel, o ganho genético para PMS foi de 20,98%, sendo a segunda maior estimativa

encontrada entre todas as alternativas avaliadas. Os ganhos em CEL e LIG também foram positivos, no entanto, inferiores aos valores estimados pelos índices de Mulamba e Mock (1978) e da distância genótipo-ideótipo (Cruz, 2006).

A melhor alternativa de seleção em Smith e Hazel foi quando se utilizaram como critério PA. Nesse caso, conseguiu-se prever de maneira simultânea ganhos elevados nas três principais características, sendo as magnitudes destes ganhos de 19,22% para PMS, 1,85% para LIG e 1,85% para CEL (tabela 12A).

Pelo índice de Mulamba e Mock (1978), assim como em Smith e Hazel, foi possível prever ganhos simultâneos em todas as características. O peso econômico CVg promoveu, em PMS, o melhor ganho, na ordem de 16,59%, e simultaneamente, ganhos positivos em FDA, CEL e LIG e negativo em CIN (tabela 12B).

Nota-se que o ganho em LIG foi relativamente superior ao ganho em CEL, o que é muito interessante, visto que a lignina possui maior poder calorífico que a celulose, por ser rica em carbono e hidrogênio, que são os elementos que produzem calor (Tavares e Santos, 2013). Por outro lado, embora a lignina tenha maior poder calorífico, sabe-se que os teores de celulose na matéria seca são superiores aos teores lignina (Sant'ana, 2013), o que justifica atribuir maiores pesos econômicos para celulose.

Ainda com relação aos ganhos preditos pelo índice de Mulamba e Mock (1978), pode-se observar que quando se considerou os respectivos pares de pesos econômicos lv e h^2 , e DPg e PA, os ganhos preditos para as diferentes características foram equivalentes entre os referidos pares, demonstrando que os valores não foram discrepantes o suficiente para provocar mudanças nos ganhos (tabela 12B). Nos pesos lv e h^2 , verifica-se que os ganhos em PMS foram os menores entre todos os índices (3,58%), enquanto, em LIG e CIN houve os maiores ganhos positivos e negativos, 4,4% e -7,33%, respectivamente.

Quanto as estimativas de ganhos com base nos pesos econômicos DPg e PA, nota-se que houve uma melhor distribuição dos ganhos nas características em análise, de modo que, a característica principal, PMS, foi detentora da maior parte do ganho predito e, LIG e CEL também tiveram ótimos valores (tabela 12B). Conclui-se, portanto, que para o índice de Mulamba e Mock (1978), a melhor alternativa de seleção foi quando se utilizaram estes pesos econômicos.

O índice da distância genótipo-ideótipo (Cruz, 2006) permitiu a estimação de ganhos simultâneos favoráveis às características estudadas em todos os pesos utilizados (tabela 12C). Com os pesos lv e h^2 , os ganhos preditos foram equivalentes e as estimativas de ganhos preditos para PMS foram as mais baixas para o respectivo índice, em compensação, houve maior equilíbrio na distribuição geral dos ganhos para as características de maior interesse.

Quando considerados CVg e DPg como ponderadores econômicos para o índice da distância genótipo-ideótipo (Cruz, 2006), ambos concentraram a maior parte dos ganhos na característica PMS. Enquanto que para CEL, CIN e LIG, os valores percentuais de ganhos foram bastante pequenos.

Após analisar a possibilidade de seleção a partir de vários parâmetros e índices de seleção, pode-se inferir que o índice da distância genótipo-ideótipo (Cruz, 2006), tendo como parâmetros a h^2 e o lv , permitiu ganhos superiores e mais bem distribuídos entre as principais características de qualidade da biomassa, seguido pelo índice de Mulamba e Mock (1978) associado aos PA, bem como ao DPg. As médias para as características da qualidade da biomassa dos 20 genótipos superiores selecionados pelo índice da distância genótipo-ideótipo (Cruz, 2006) com base nos parâmetros h^2 e lv são apresentadas na tabela 13.

Ao comparar os resultados da tabela 10 e 13, nota-se que os genótipos 7, 22, 32, 38, 47, 50, 52, 58 e 67 coincidem em ambas. Portanto, estes genótipos são superiores aos demais por reunirem características morfoagronômicas e de qualidade da biomassa ideais.

Tabela 13. Médias das características de qualidade da biomassa avaliadas em 20 genótipos selecionados com base no índice da distância genótipo-ideótipo tendo como pesos econômicos os parâmetros herdabilidade (h^2) e índice de variação (I_v). Campos dos Goytacazes, 2016.

Genótipos	PMS (t,ha⁻¹)	% FDN	% FDA	% CEL	% LIG	% CIN
22	32,91	85,06	57,92	51,58	9,60	7,43
79	24,48	82,47	56,17	43,50	10,52	6,82
50	33,94	78,90	52,98	41,60	9,47	7,35
67	27,45	81,99	55,14	43,81	8,85	7,37
40	25,15	82,98	54,97	43,28	9,71	5,47
23	24,39	80,08	53,78	42,73	9,40	6,36
55	28,80	79,75	53,44	41,84	8,93	7,33
49	33,15	80,92	53,33	42,39	8,10	6,93
32	29,75	78,29	52,55	42,33	8,71	5,82
42	27,47	81,99	53,47	41,90	8,67	6,77
38	43,99	78,75	51,31	40,35	8,48	6,96
58	35,70	80,19	51,63	40,88	8,30	6,46
52	31,05	77,63	51,48	40,19	8,95	6,98
7	27,15	82,23	55,61	41,27	9,89	9,13
57	24,52	79,08	52,51	38,79	11,42	6,54
60	23,21	79,27	52,68	41,38	8,86	6,51
53	20,33	78,92	53,22	41,91	9,15	6,77
47	41,71	78,16	50,35	40,04	7,95	6,72
37	20,51	81,21	52,95	42,25	8,73	6,71
13	23,97	79,95	52,18	41,82	8,52	5,38

PMS: produtividade de matéria seca; % FDN: percentagem de Fibra em Detergente Neutro; % FDA: percentagem de Fibra em Detergente Ácido; % CEL: percentagem de celulose; % LIG: percentagem de lignina; % CIN: percentagem de cinzas.

6. CONCLUSÕES

Pelos métodos com base em ANOVA os genótipos classificados como mais estáveis apresentam inferioridade no rendimento de matéria seca.

Já pelos métodos não paramétricos houve uma maior associação entre estabilidade e produtividade dos genótipos, com ênfase para as metodologias de LB e ANN.

Os métodos LB e ANN mostram forte concordância entre si e produzem classificações similares quanto à estabilidade fenotípica, recomendando-se utilizar um ou outro.

Os diferentes índices de seleção e os parâmetros atribuídos como pesos econômicos afetam a seleção dos genótipos.

Os índices com base na soma de ranks (Mulamba e Mock, 1978) e da distância genótipo-ideótipo (Cruz, 2006) foram mais eficientes na seleção de genótipos superiores.

Os genótipos indicados como de maior potencial para produção de biomassa para fins energéticos foram Taiwan A-144, Cameroon-Piracicaba, Guaçu/I,Z,2, Mineirão IPEACO, IJ7125 cv EMPASC308 e 903-77.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcântara, P.B. e Bufarah, G. (1988) *Plantas forrageiras: gramíneas e leguminosas*. São Paulo: Nobel, 1988. 162p.
- Allard, R. W. e Bradshaw, A. D. (1964). Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. *Crop Science*, 4(5):503-508.
- Almeida, L. M., Viana, A. P., Amaral Júnior, A. T. D., Júnior, C. e de Barros, J. (2014) Breeding full-sib families of sugar cane using selection index. *Ciência Rural*, 44(4):605-611.
- Annicchiarico, P. (1992) Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. *Journal of Genetics and Plant Breeding*, Berlin, 46:269-278.
- Bárbaro, I. M., da Cruz Centurion, M. A. P., Di Mauro, A. O., Unêda-Trevisoli, S. H. e Costa, M. M. (2015) Comparação de estratégias de seleção no melhoramento de populações F₅ de soja. *Ceres*, 54(313).
- Barbé, T.C. da. (2012) *Variação de caracteres morfoagronômicos, fisiológicos e da qualidade da biomassa energética de capim-elefante (Pennisetum purpureum Schum.) em função da idade da planta*. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense- UENF, 140P.

- Becker, H. C. (1981). Correlations among some statistical measures of phenotypic stability. *Euphytica*, 30(3):835-840.
- Bennet, H.W. (1976) Pasto Johnson, pasto alfombra y otras gramíneas para el sur humedo de los Estados Unidos. In: Hugres HD, Heath ME and Metcalfe DS (eds) *Forrages*, México, C.E.C.S.A., Cap. 29. p.321-34.
- Bertini, C. H. C. M., Almeida, W. S., Silva, A. P. M., Lima, J. W. e Teófilo, E. M. (2010) Análise multivariada e índice de seleção na identificação de genótipos superiores de feijão-caupi. *Acta Scientiarum Agronomy*, 32(4):613-619.
- Bogdan, A.V. (1977). *Tropical pasture and fodder plants (Grasses and legumes)*. London, Longman, p.233-41. (Tropical Agricultural Series).
- Brasil (2016) Portal Brasil. Com proposta mais ambiciosa, Brasil chega à COP21 como importante negociador do clima. Consultado em: <<http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2015/11/com-proposta-mais-ambiciosa-Brasil-chega-a-COP-21-como-importante-negociador-mundial-do-clima>> em 19/02/2016.
- Brim, C. A., Johnson, H. W., e Cockerham, C. C. (1959). Multiple selection criteria in soybeans. *Agronomy Journal*, 51(1):42-46.
- Brunken, J.N. (1977) A systematic study of *Pennisetum* Sect. *Pennisetum* (Gramineae). *American Journal of Botany*, 64(2):161-76.
- Carbonari, C. A., Velini, E. D. e Antuniassi, U. R. (2012). Tecnologia de aplicação e inovações voltadas ao uso racional de defensivos agrícolas em culturas destinadas à produção de bionergia. In: Lemos, E. G. M. e Stradiotto, N. R. (orgs.). *Bioenergia: desenvolvimento, pesquisa e inovação*. São Paulo: Cultura Acadêmica, 53-82.
- Cargnelutti Filho, A., Perecin, D., Malheiros, E. B. e Guadagnin, J. P. (2007) Comparação de métodos de adaptabilidade e estabilidade relacionados à produtividade de grãos de cultivares de milho. *Bragantia*, 66(4):571-578.
- Carvalho, L. de A. (1985) *Pennisetum purpureum* Schumacher: Revisão. Coronel Pacheco: EMBRAPA-CNPGL, 86p. *Boletim de Pesquisa*, 10.

- Correa, M.P. (1926) *Dicionário de plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas*. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional Brasília, v.1, p.552-4.
- Cruz, C. D. (1990) *Aplicação de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas*. Tese (Doutorado em Agronomia – Genética e Melhoramento de Plantas) – Piracicaba – SP, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/Universidade de São Paulo – ESALQ/USP, 188p.
- Cruz, C. D. (2006). *Programa GENES: biometria*. Viçosa: UFV, 382p.
- Cruz, C. D. (2013) GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum, Agronomy*, 35(3):271-276.
- Cruz, C. D., Castoldi, F. L. (1991). Decomposição da interação genótipos x ambientes em partes simples e complexa. *Ceres*, 38(219):422-430.
- Cruz, C. D., Torres, R. D. e Vencovsky, R. (1989). An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. *Revista Brasileira de Genética*, 12(3): 567-580.
- Cruz, C. D.; Regazzi, A. J., Carneiro, P. C. S. (2012) *Métodos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, v.1, 514p.
- Cruz, C. D.; Regazzi, A. J., Carneiro, P. C. S. (2014) *Métodos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, v.1, 668p.
- Cunha, R.C.V. (2012). *Análise de estabilidade da produção forrageira de genótipos de capim-elefante avaliados em Campos dos Goytacazes - RJ*. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 46p.
- Daher, R. F., Souza, L. B., Gravina, G. A., Machado, J. C., Ramos, H. C., Silva, V. Q. e Gottardo, R. D. (2014) Use of elephant grass for energy production in Campos dos Goytacazes-RJ, Brazil. *Genetics and molecular research: GMR*, 13(4):10898-10908.

- Deresz, F. (1999) Utilização do capim-elefante sob pastejo rotativo para produção de leite e carne. Juiz de Fora: Embrapa-CNPGL, 29p. *Circular técnica*, 54.
- Dias, C. T. S., Hongyu, K., Araújo, L. B., Silva, M.J.C., Peña, M. G., Araújo, M. F.C., Rodrigues, P. C., Faria, P.N. e Alarcón, S.A. (2014) *A metodologia AMMI: com aplicação ao melhoramento genético*. Piracicaba: ESALQ, 169 p.
- Duarte, J. B., e Vencovsky, R. (1999) Interação genótipos x ambientes: uma introdução à análise AMMI. *Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética*, 60p.
- Eberhart, S. T. e Russell, W. A. (1966) Stability parameters for comparing varieties. *Crop science*, 6(1):36-40.
- Elston, R. C. (1963) A weight free index for the purpose of ranking or selection with respect to several traits at a time. *Biometrics*, 19:85-97.
- Falconer, D.S. e Mackay, T.F.C. (1996). *Introduction to quantitative genetics*. 4th ed. Burnt Mill, England : Longman, 464p.
- Finlay, K. W. e Wilkinson, G. N. (1963) The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. *Australian Journal of Agricultural Research*, 14(6):742-754.
- Freire, L. R., Balieiro, F. D. C., Zonta, E., Anjos, L. D., Pereira, M. G., Lima, E., ... e Polidoro, J. C. (eds.) (2013) *Manual de Calagem e Adubação do Estado do Rio de Janeiro*. Brasília, DF: Embrapa; Seropédica: Universidade Rural, 430p.
- Freitas, I. L. J., Amaral Junior, A. T., Viana, A. P., Pena, G. F., Cabral, P. S., Vittorazzi, C. e Silva, T. R. C. (2013) Ganho genético avaliado com índices de seleção e com REML/Blup em milho-pipoca. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 48(11):1464-1471.
- Garcia, A. A. F. e Souza Júnior, C. D. (1999) Comparação de índices de seleção não paramétricos para a seleção de cultivares. *Bragantia*, 58(2):253-267.
- Hazel, L. N. (1943) The genetic basis for constructing selection indexes. *Genetics*, 28(6): 476-490.

- Hillesheim, A. e Corsi, M. (1990) Capim elefante sob pastejo. II. Fatores que afetam as perdas e utilização de matéria seca. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 25(9):1233-1246.
- Hillesheim, A. e Corsi, M. (1990) Capim elefante sob pastejo. II. Fatores que afetam as perdas e utilização de matéria seca. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 25(9): 1233-1246.
- Huehn, M. (1990) Nonparametric measures of phenotypic stability. Part 1: Theory. *Euphytica*, 47(3):189-194.
- Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2016) Dados em gráficos: estações automatizadas. Consultado em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf> em 12/02/2016.
- InterAcademy Council (2007) Lighting the way: Toward a sustainable energy future. Amsterdam: *InterAcademy Council*. 174p. (Technical report).
- Jacques, A.V.A. (1997) Caracteres morfofisiológicos e suas aplicações como manejo. In: Carvalho, M.M., Alvim, M.J., Xavier, D.F. et al. (Eds.) *Capim-elefante: produção e utilização*. Coronel Pacheco: Embrapa-Gado de Leite, p.31-47.
- Kang M.S.; Phan H.N.. (1991) Simultaneous selection for high yielding and stable crop genotypes. *Agronomy Journal*, 83(1):161-165.
- Kempthorne, O., e Nordskog, A.W. (1959) Restricted selection indices. *Biometrics*, 15(1):10-19.
- Köppen, W. (1948) *Climatologia*: con un estudio de los climas de La Tierra, México: Fondo de Cultura Economica, 479 p.
- Lessa, L. S., Ledo, C. A. D. S., Santos, V. D. S., Silva, S. D. O. E. e Peixoto, C. P. (2010) Seleção de híbridos diplóides (AA) de bananeira com base em três índices não paramétrico. *Bragantia*, 69(3):525-534.
- Lima, R. S., Daher, R. F., Goncalves, L. S., Rossi, D. A., do Amaral Júnior, A. T., Pereira, M. G., e Lédo, F. J. S. (2011). RAPD and ISSR markers in the

- evaluation of genetic divergence among accessions of elephant grass. *Genetics and Molecular Research*, 10(3):1304-1313.
- Lin, C. S., e Binns, M. R. (1988) A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. *Canadian Journal of Plant Science*, 68(1):193-198.
- Marinho, C. D., Gravina, G. A., Araújo, L. C., Almeida, S. N., Amaral, J. A., Daher, R. F. e Gonçalves, L. S. (2012) Snap bean recommendation based on different methods of phenotypic stability. *Genetics and molecular research: GMR*, 12(1):248-255.
- Marinho, C. D., Gravina, G. D. A., Sebastião, L. C. D. A., Almeida, N. C. D., Daher, R. F., Brasileiro, B. P., ... e Amaral Júnior, A. T. D. (2014) Indexes in the comparison of pre-commercial genotypes of common bean. *Ciência Rural*, 44(7):1159-1165.
- Mariotti, J. A., Oyarzabal, E. S. e Osa, J. M. (1976) Analisis de estabilidad y adaptabilidad de genotipos de cana de azucar, 1: Interacciones dentro de una localidad experimental. *Revista Agronomica del Noroeste Argentino*, 13(1-4):105-127.
- Martel, E., Ricroch, A. e Sarr, A. (1996) Assessment of genome organization among diploid species ($2n = 2x = 14$) belonging to primary and tertiary gene pools of pearl millet using fluorescent in situ hybridization with rDNA probes. *Genome*, 39(4):680-687.
- Martins, C. E., Souza Sobrinho, F. D., Gomes, F. T., Rocha, W. S. D. D. e Brighenti, A. M. (2010) Tolerância à toxidez por alumínio em capim-elefante. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia*, 3(1):95-101.
- Mazzarella, V. N. G., Seguchi, H. J. M., Ferreira, P. H. (2015) Balanço energético do capim elefante x eucalipto. *Engineering Sciences*, 3(1).
- Menezes, B. R. S. (2014a). *Capacidade combinatória e estimativas de parâmetros de heterose em genótipos de capim-elefante para fins energéticos*. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas)- Campos dos Goytacazes- RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense- UENF, 91p.

- Menezes, B. R., Daher, R. F., Gravina, G. D. A., do Amaral Júnior, A. T., Oliveira, A. V., Schneider, L. S., e Silva, V. B. (2014b) Correlações e análise de trilha em capim-elefante para fins energéticos. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 9(3): 465-470.
- Morais, L. K., Moura, M. F., Vencovsky, R., e Pinheiro, J. B. (2008) Adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja avaliada pelo método de Toler. *Bragantia*, 67(2): 275-284.
- Morais, R. F. de (2008) *Potencial produtivo e eficiência da fixação biológica de nitrogênio de cinco genótipos de capim elefante (Pennisetum purpureum Schum.), para uso como fonte alternativa de energia*. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Seropédica- RJ, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, 73p.
- Morais, R. F., Souza, B. J. D., Leite, J. M., Soares, L. H. D. B., Alves, B. J. R., Boddey, R. M. e Urquiaga, S. (2009) Elephant grass genotypes for bioenergy production by direct biomass combustion. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44(2):133-140.
- Mozzer, O. L., de Carvalho, M. M., e Emrich, E. S. (1970). Competição de variedades e híbridos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*), para formação de capineiras em solo de cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 5(1): 395-403.
- Mulamba, N. N. e Mock, J. J. (1978) Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. *Egyptian Journal of Genetics and Cytology*, (7):40-51.
- Oliveira, A. V. (2013) *Avaliação do desenvolvimento e de características morfoagronômicas e qualidade de biomassa energética de 73 genótipos de capim elefante em Campos dos Goytacazes-RJ*. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Campos dos Goytacazes- RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense- UENF, 76 p.
- Oliveira, A. V., Daher, R. F., da Silva Menezes, B. R., de Amaral Gravina, G., de Sousa, L. B., Gonçalves, A. C. S. e Oliveira, M. L. F. (2013) Avaliação do

- desenvolvimento de 73 genótipos de capim-elefante em Campos dos Goytacazes-RJ. *Boletim de Indústria Animal*, 70(2):119-131.
- Oliveira, M. L. F., Daher, R. F., Gravina, G. D. A., da Silva, V. B., Viana, A. P., Rodrigues, E. V., ... e Rocha, A. D. S. (2014) Pre-breeding of elephant grass for energy purposes and biomass analysis in Campos dos Goytacazes-RJ, Brazil. *African Journal of Agricultural Research*, 9(36):2743-2758.
- Osava, M. (2007) Capim elefante, novo campeão em biomassa no Brasil. Consultado em: <http://www.nuca.ie.ufrj.br/infosucro/assuntos/biomassa_0710.htm> em 19/02/2016.
- Otero, J. D. (1952) Informações sobre algumas plantas forrageiras. *Rio de Janeiro: SIA*, 334p.
- Paterlini, E. M., Arantes, M. D. C., Gonçalves, F. G., Vidaurre, G. B., Bauer, M. D. O. e Moulin, J. C. (2013) Avaliação do capim elefante para uso energético. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, 4(2):119-125.
- Pedrozo, C. Â., Benites, F. R. G., Barbosa, M. H. P., de Resende, M. D. V. e da Silva, F. L. (2009) Eficiência de índices de seleção utilizando a metodologia REML/BLUP no melhoramento da cana-de-açúcar. *Scientia Agraria*, 10(1):31-36.
- Pena, G. F., Amaral Júnior, A. T., Gonçalves, L. S. A., Candido, L. S., Vittorazzi, C., Ribeiro, R. M. e Freitas Júnior, S. P. (2012) Stability and adaptability of popcorn genotypes in the State of Rio de Janeiro, Brazil. *Genetics and Molecular Research*, 11(3):3042-3050.
- Pereira, A. V. e Lédo, F. J. S. (2008) Melhoramento genético de *Pennisetum purpureum*. In: Resende, R. M. S., Vale, C. B. e Jank, L. (Eds.). *Melhoramento de forrageiras tropicais*, p.89-116.
- Pereira, A. V., Valle, C. D., Ferreira, R. D. P. e Miles, J. W (2001) Melhoramento de forrageiras tropicais. In: Nass, L. L.; Valois, A. C. C.; Melo, I. S.; Valadares-Inglis, M. C. (Eds.). *Recursos genéticos e melhoramento de plantas*, Rondonópolis: Fundação Mato Grosso, p.550-601.

- Pešek, J., e Baker, R. J. (1969) Desired improvement in relation to selection indices. *Canadian Journal of Plant Science*, 49(6):803-804.
- Pinheiro, L. S. (2008) *Regressão polinomial conjunta na avaliação da sazonalidade da produção forrageira em clones intra e interespecíficos de capim-elefante*. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) –Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 44p.
- Plaisted, R. L. e Peterson, L. C. (1959) A technique for evaluating the ability of selections to yield consistently in different locations or seasons. *American Potato Journal*, 36(11):381-385.
- Quesada, D. M. (2005) *Parâmetros quantitativos e qualitativos da biomassa de diferentes genótipos capim elefante para produção de agroenergéticos*. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 65p.
- Ramalho, M. A. P., Abreu, A. F. B., Santos, J. D., e Nunes, J. A. R. (2012). *Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas*. Lavras: UFLA, p.365-456.
- Rocha, A. S. (2015) *Estudos de interação genótipos por cortes semestrais e correlações em capim elefante para fins energéticos*. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Campos dos Goytacazes- RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense- UENF, 70p.
- Rocha, A. S., Daher, R. E. F., Gravina, G. A., Pereira, A. V., Rodrigues, E. V. O., Viana, A. P., ... e Oliveira, E. S. (2015) Comparison of stability methods in elephant-grass genotypes for energy purposes. *African Journal of Agricultural Research*, 10(47):4283-4294.
- Rodrigues, R. C. (2010) *Métodos de análises bromatológicas de alimentos: métodos físicos, químicos e bromatológicos*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 177p.
- Rossi, D. A. (2010) *Avaliação morfoagronômica e da qualidade da biomassa de acessos de capim-elefante (Pennisetum purpureum Schum.) para fins*

- energéticos no norte fluminense*. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 66p.
- Rossi, D. A., Menezes, B. D. S., Daher, R. F., Gravina, G. D. A., de Lima, R. S. N., Lédo, F. D. S., ... e de Souza, C. L. M. (2014) Canonical correlations in elephant grass for energy purposes. *African Journal of Biotechnology*, 13(36):3666-3671.
- Sant'ana, J. A. 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 (Doutorado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 82p.
- Santos, F. S., Amaral Júnior, A. D., Freitas Júnior, S. D. P., Rangel, R. M. e Pereira, M. G. (2007) Predição de ganhos genéticos por índices de seleção na população de milho-pipoca UNB-2U sob seleção recorrente. *Bragantia*, 66(3):389-396.
- Santos, H.G., Jacomine, P.K.T, Anjos, L.H.C, Oliveira, V.Á., Lumbreras, J.F., Coelho, M.R., Almeida, J.Á., Cunha, T.J.F. e Oliveira, J.B.. (2013) *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 353p.
- Santos, M. M. P., Daher, R. F., Ponciano, N. J., Gravina, G. A., Pereira, A. V. e Santos, C. L. (2014) Respostas do capim-elefante sob doses de adubação azotada de cobertura para fins energéticos. *Revista de Ciências Agrárias*, 37(1):100-108.
- Schneider, L. S. A. (2013) *Avaliação morfoagronômica, adaptabilidade e estabilidade da produção de forrageira de capim-elefante*. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 72p.
- Shao, Y., Wang, J., Preto, F., Zhu, J. e Xu, C. (2012) Ash deposition in biomass combustion or co-firing for power/heat generation. *Energies*, 5(12):5171-5189.

- 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. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(10):2132-2140.
- Silva, E., e Rocha, C. R. (2010). Eucalipto e capim elefante: características e potencial produtivo de biomassa. *Revista Agrogeoambiental*, 2(1):143-152.
- Silva, M. D. M. e Viana, A. (2012) Alternativas de seleção em população de maracujazeiro-azedo sob seleção recorrente intrapopulacional. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 34(2):525-531.
- Silva, V. Q. R. (2011) *Dialelo parcial em capim-elefante: Capacidade combinatória em caracteres morfoagronômicos e bromatológicos em Campos dos Goytacazes, RJ*. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF. Campos dos Goytacazes. 110p.
- Singh, B. P., Singh, H. P. e Obeng, E. (2013) Elephantgrass. In: Singh, B. P. (ed.). *Biofuel crops: production, physiology and genetics*. Georgia: CABI, p. 271-291
- Smeets, E. M., Lewandowski, I. M. e Faaij, A. P. (2009) The economical and environmental performance of *miscanthus* and *switchgrass* production and supply chains in a European setting. *Renewable and sustainable energy reviews*, 13(6):1230-1245.
- Smith, H. F. (1936) A discriminant function for plant selection. *Annals of Eugenics*, 7(3):240-250.
- Smith, O. S., Hallauer, A. R. e Russell, W. A. (1981) Use of index selection in recurrent selection programs in maize. *Euphytica*, 30(3):611-618.
- Sousa, L. B. (2013) *Avaliação morfoagronômica e da qualidade da biomassa e estudo da capacidade combinatória em capim-elefante para fins energéticos em Campos dos Goytacazes – RJ*. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) –Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 83p.

- Souza Sobrinho, F., Pereira, A. V. e Ledo, F. J. S. (2005) Avaliação agronômica de híbridos interespecíficos entre capim-elefante e milheto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40 (9): 873-880.
- Steel, R. G. D., Torrie, J. H. e Dickey, D. A. (1997) *Principles and Procedures of Statistics: a Biometrical Approach*. 3 th ed. New York: McGraw-Hill, 666p.
- Subandi, Compton, W. A. e Empig, L. T. (1973) Comparison of the Efficiencies of Selection Indices for Three Traits in Two Variety Crosses of Corn. *Crop Science*, 13(2):184-186.
- Tai, G. C. C. (1971) Genotypic stability analysis and its application to potato regional trials. *Crop Science*, 11(2): 184-190.
- Tavares, S. R. L. e Santos, T. E. (2013) Uso de diferentes fontes de biomassa vegetal para produção de biocombustíveis sólidos. *Holos*, 29(5):19-27.
- United Nations Framework Convention on Climate Change - UNFCCC (2015) Adoption of the Paris Agreement. FCCC/CP/2015/L.9/Rev.1. Consultado em: <<https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf>> em 19/02/2016.
- Vasconcelos, E. S., Ferreira, R. P., Cruz, C. D., Moreira, A., Rassini, J. B. e Freitas, A. R. (2010) Estimativas de ganho genético por diferentes critérios de seleção em genótipos de alfafa. *Ceres*, 57(2): 205-210.
- Veiga, J. B., Mott, G. O., de Rodrigues, L. R. A. e Ocumpaugh, W. R. (1985a) Capim-elefante anão sob pastejo I. Produção de forragem. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 20(8): 929-936.
- Veiga, J. B., Mott, G. O., de Rodrigues, L. R. A. e Ocumpaugh, W. R. (1985b). Capim-elefante anão sob pastejo II. Valor nutritivo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 20(8):937-944.
- Vencovsky, R.; Barriga, P. (1992). *Genética biométrica no fitomelhoramento*. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 496 p.
- Viana, A. P. e Resende, M. D. V. (2014). *Genética quantitativa no melhoramento de fruteiras*. Rio de Janeiro: Interciência, 296p.

- Vilela, D. (1997) Utilização do capim elefante na forma de forragem conservada. In: Carvalho, M.M., Alvim, M.J., Xavier, D.F. et al. (Eds.) *Capim-elefante: produção e utilização*. Coronel Pacheco: Embrapa-Gado de Leite, p.117-164.
- Vitor, C. M. T., Fonseca, D. D., Cóser, A. C., Martins, C. E., Nascimento Júnior, D. e Ribeiro Júnior, J. I. (2009) Produção de matéria seca e valor nutritivo de pastagem de capim-elefante sob irrigação e adubação nitrogenada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38(3):435-442.
- Vittorazzi, C., Amaral Júnior, T., Gonçalves, L. S., Candido, L. S. e Silva, T. R. C. (2013). Seleção o de pré-cultivares de milho-pipoca baseado em índices não-paramétricos. *Revista Ciência Agronômica*, 44(2): 356-362.
- Vivas, M., Silveira, S. F. D. e Pereira, M. G. (2012) Prediction of genetic gain from selection indices for disease resistance in papaya hybrids. *Revista Ceres*, 59(6):781-786.
- Vivas, M., Silveira, S. F., Vivas, J. M. S. e Pereira, M. G. (2013) Predição de ganhos genéticos e seleção de progênies de mamoeiro para resistência à pinta-preta. *Tropical Plant Pathology*, 38(2):142-148.
- Wricke, G. (1965). Zur berechnung der okovalenz bei sommerweizen und hafer. *Zeitschrift Fur Pflanzenzuchtung-Journal Of Plant Breeding*, 52(2):127-138.
- Xavier, D. F., Daher, R. F., Botrel, M. D. A. e Pereira, J. R. (1993) Poder germinativo de sementes de capim-elefante. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 22(4):565-571.
- Yates, F. e Cochran, W. G. (1938) The analysis of groups of experiments. *The Journal of Agricultural Science*, 28(04):556-580.