

ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE VIA REGRESSÃO EM  
GENÓTIPOS DE CAPIM-ELEFANTE PARA FINS ENERGÉTICOS

**WANESSA FRANCESCONI STIDA**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE

DARCY RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ  
FEVEREIRO – 2018

# ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE VIA REGRESSÃO EM GENÓTIPOS DE CAPIM-ELEFANTE PARA FINS ENERGÉTICOS

**WANESSA FRANCESCONI STIDA**

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 Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Rogério Figueiredo Daher

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ  
FEVEREIRO – 2018

## FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca do CCTA / UENF

028/2018

S854 Stida, Wanessa Francesconi.

Adaptabilidade e estabilidade via regressão em genótipos de capim elefante para fins energéticos / Wanessa Francesconi Stida. – Campos dos Goytacazes, RJ, 2018.

54 f. : il.

Bibliografia: f. 44 - 54

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centr de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2018.

Orientador: Rogério Figueiredo Daher

1. *Pennisetum purpureum* Schum. 2. Melhoramento Genético 3. Bioenergia. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD – 633.2

# ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE VIA REGRESSÃO EM GENÓTIPOS DE CAPIM-ELEFANTE PARA FINS ENERGÉTICOS

**WANESSA FRANCESCONI STIDA**

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 Produção Vegetal.

Aprovada em 27 de fevereiro de 2018

Comissão Examinadora

---

Prof. Marcelo Vivas (D.Sc., Genética e Melhoramento Vegetal) – UENF

---

Dra. Verônica Brito da Silva (D.Sc., Genética e Melhoramento Vegetal) – UFPI

---

Dra. Geovana Cremonini Entringer (D.Sc., Genética e Melhoramento Vegetal) –  
UENF

---

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

Á minha mãe e ao meu esposo, Jonathan.

**Dedico com muito amor**

## AGRADECIMENTOS

A Deus que com graça e amor me deu seu fôlego de vida, capacitou e permitiu que eu chegasse até aqui;

À minha mãe, por ser essa mulher forte e corajosa, o meu porto seguro, aquela que está ao meu lado em todos os momentos e situações;

Ao meu esposo, Jonathan, por ser aquele com quem eu desejo compartilhar e viver todos os meus sonhos;

Às minhas queridas avós, Dulcina e Alfredina, por me oferecerem o seu inigualável colo, por todo amor e carinho dedicado, muito obrigada!

À minha irmã Karina que sempre acreditou e torceu pelo meu sucesso;

À minha família, por me apoiarem e incentivarem. Em especial à minha segunda mãe, tia Claudete, pelo carinho, amor, compreensão, auxílio e amizade;

Aos amigos Kaysa, Lília, Rafael, Ramon, Sabrina, Ygor, por todos os momentos especiais, pela amizade e companheirismo. E, à minha amiga, Ana Kesia, tão especial, muito obrigada por tudo!

A Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro e ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, pela oportunidade;

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

Ao Professor Rogério Figueiredo Daher por toda ajuda, orientação, apoio e ensinamentos;

Aos membros da banca pelas sugestões e aperfeiçoamento deste trabalho;

Aos membros da equipe do capim-elefante, por toda ajuda ao longo desta etapa;

À equipe de funcionários da Pesagro por todo apoio e contribuições ao longo da condução do experimento;

A todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO .....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>ix</b>
<b>1.INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2.OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
<b>3.REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>4</b>
3.1. Origem e aspectos botânicos do capim-elefante.....	4
3.2. Biomassa como fonte de energia .....	6
3.3. Melhoramento genético e banco ativo de germoplasma .....	7
3.4. Interação Genótipo x Ambiente, adaptabilidade e estabilidade fenotípica	10
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>12</b>
4.1. Instalação do experimento .....	12
4.2. Condução do experimento.....	14
4.3. Análises genético-estatísticas .....	15
4.3.1. Análise de variância individual e conjunta .....	15
4.3.2. Análise da estabilidade e adaptabilidade dos genótipos .....	16
4.3.2.1. Decomposição da interação em parte complexa .....	17
4.3.2.2. Método de Finlay e Wilkinson (1963) .....	17
4.3.2.3. Método de Eberhart e Russell (1966) .....	19



4.3.2.4. Método de Cruz et al. (1989) .....	21
4.3.3. Coeficiente de Correlação de Spearman .....	22
<b>5.RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>23</b>
5.1. Análise de variância individual e conjunta.....	23
5.2. Estimativas das interações complexas .....	29
5.3. Estabilidade e Adaptabilidade via regressão linear.....	30
5.4. Coeficiente de Spearman.....	40
<b>6.CONCLUSÕES.....</b>	<b>43</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>44</b>

## RESUMO

STIDA, Wanessa Francesconi. M.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Fevereiro de 2018. ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE VIA REGRESSÃO EM GENÓTIPOS DE CAPIM-ELEFANTE PARA FINS ENERGÉTICOS. Professor orientador: Rogério Figueiredo Daher.

A produção de energia por meio do uso da biomassa vegetal é uma excelente alternativa frente à necessidade de substituição da atual matriz energética mundial. Atuando de forma a combater as alterações climáticas e desequilíbrios mundiais decorrentes da elevada taxa de emissão de gases de efeito estufa durante a queima de combustíveis fósseis e, dessa forma, tem despertado um grande interesse dos pesquisadores. Neste cenário, o capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) devido a sua alta rusticidade, fácil multiplicação, crescimento rápido, resistência à seca e ao frio, alta produção de matéria seca, entre outros aspectos, tem se mostrado bastante promissor para a produção de biomassa energética. Contudo, ainda há uma grande carência de estudos para essa finalidade. Este trabalho tem como objetivos: a) estabelecer o efeito da interação genótipo x cortes anuais (G x A); b) avaliar os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade fenotípica por meio da utilização de três métodos de regressão; c) comparar as metodologias de estabilidade via regressão utilizadas mediante um

coeficiente de correlação; d) indicar genótipos de elevada produtividade, estabilidade de desempenho e adaptabilidade às condições edafoclimáticas da região Norte Fluminense. Para essa, o experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados com duas repetições, no campo experimental do Centro Estadual de Pesquisa em Agroenergia e Aproveitamento de Resíduos (Pesagro-Rio). Foram avaliados 83 genótipos de capim-elefante por meio de um regime de cortes anuais, totalizando seis anos. Todas as análises genético-estatísticas foram realizadas utilizando-se os recursos computacionais do Programa Genes. Considerando as metodologias adotadas, os genótipos apresentaram alta estabilidade, ou seja, desempenho previsível frente às mudanças ambientais. Os genótipos 43, 39, 38, 67, 41, 28, 47, 22, 33, 48, dentre outros, apresentaram produtividade superior à média geral, sendo considerados os de melhor adaptação. De acordo com o método proposto por Finlay e Wilkinson (1963), dentre os acessos avaliados, os genótipos 2, 3, 7, 15, 19, 22, 25, 27, 28, 32, 34, 35, 45, 47, 48, 49, 50, 52, 53, 54, 59, 62, 66, 69, 71 e 79 foram considerados como ideais. No entanto, segundo o método de Eberhart e Russell (1966), os genótipos 2, 3, 7, 15, 19, 22, 25, 27, 32, 34, 35, 45, 48, 49, 52, 53, 54, 59, 62, 66, 69, 71 e 79 foram considerados materiais ideais. Considerando os resultados da metodologia de Cruz et al. (1989), no presente estudo, não foi encontrado um material considerado ideal, apesar de alguns genótipos terem apresentado desempenho satisfatório. Quanto aos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade, observou-se que os métodos aplicados são concordantes quanto aos resultados encontrados, todavia o método de Cruz et al. (1989) forneceu informações mais detalhadas. Com base nos índices ambientais para a produção de matéria seca, observou-se que os cortes 1 e 2 foram classificados como favoráveis ao desenvolvimento dos genótipos e os cortes 3, 4, 5 e 6 como ambientes desfavoráveis.

**Palavras-chave:** *Pennisetum purpureum*, melhoramento genético, bioenergia.

## ABSTRACT

STIDA, Wanessa Francesconi. M.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. February, 2018. ADAPTABILITY AND STABILITY VIA REGRESSION IN ELEPHANTGRASS GENOTYPES FOR ENERGY PURPOSES. Advisor: Rogério Figueiredo Daher.

The production of energy through the use of plant biomass is an excellent alternative to the need to replace the current world energy matrix. Acting to combat climate change and global imbalances due to the high rate of emission of greenhouse gases during the burning of fossil fuels, and in this way, has aroused a great interest of the researchers. In this scenario, elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) Due to its high rusticity, easy multiplication, rapid growth, resistance to drought and cold, high dry matter production, among other aspects, has shown to be quite promising for the production of energy biomass. However, there is still a great lack of studies for this purpose. This work aims to: a) establish the effect of genotype x annual cut (G x A) interaction; b) evaluate the parameters of adaptability and phenotypic stability through the use of three regression methods; c) comparing the regression stability methodologies used by a correlation coefficient; d) indicate genotypes of high productivity, stability of performance and adaptability to the edaphoclimatic conditions of the Rio de Janeiro's Northern region. For this, the experiment was conducted in a randomized complete block design with two replicates, in the experimental field of the State Center for Research in Agroenergy and Waste Utilization (Pesagro-Rio). Eighty-one elephant grass genotypes were evaluated by

means of a system of annual cuts, totaling six years. All genetic-statistical analyzes were performed using the computational resources of the Genes Program. Considering the methodologies adopted, the genotypes showed high stability, that is, predictable performance against environmental changes. The genotypes 43, 39, 38, 67, 41, 28, 47, 22, 33, 48, among others, presented productivity above the general average, being considered the best adaptation. According to the method proposed by Finlay and Wilkinson (1963), genotypes 2, 3, 7, 15, 19, 22, 25, 27, 28, 32, 34, 35, 45, 47, 48, 49, 50, 52, 53, 54, 59, 62, 66, 69, 71 and 79 were considered to be ideal. However, according to the method of Eberhart and Russell (1966), genotypes 2, 3, 7, 15, 19, 22, 25, 27, 32, 34, 35, 45, 48, 49, 52, 53, 54, 59, 62, 66, 69, 71 and 79 were considered ideal materials. Considering the results of the methodology of Cruz et al. (1989), in the present study, a material considered ideal was not found, although some genotypes showed satisfactory performance. Regarding the parameters of adaptability and stability, it was observed that the applied methods are concordant regarding the results found, although the method of Cruz et al. (1989) provided more detailed information. Based on the environmental indexes for dry matter production, it was observed that cuts 1 and 2 were classified as favorable to the development of genotypes and cuts 3, 4, 5 and 6 as unfavorable environments.

**Keywords:** *Pennisetum purpureum*, plant breeding, bioenergy.

## 1. INTRODUÇÃO

A utilização de combustíveis fósseis e seus derivados em larga escala repercute em consequências desastrosas em longo prazo para a humanidade devido à elevada taxa de emissão de gases de efeito estufa gerada durante a queima. Com isso, contribui para o desequilíbrio climático do planeta e colocando em risco a integridade dos sistemas naturais essenciais. (Scarlat et al., 2011; Rocha et al. 2017). Em virtude de tais circunstâncias, há a necessidade urgente de se buscar novas alternativas para a produção sustentável de energia, isto é, alterar a configuração energética do planeta substituindo o uso dos combustíveis fósseis (petróleo, carvão mineral e gás natural) por uma geração oriunda de fontes alternativas, limpas e renováveis. Tal fato é um dos grandes desafios a ser enfrentado por pesquisadores de todo o mundo.

Dentre as diversas formas alternativas de produção de energia, a utilização de biomassa vegetal é uma promissora fonte renovável quanto aos padrões de sustentabilidade, além de ser um material de baixo custo, capaz de reduzir as emissões de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e de ser carbono-neutra em curto prazo e sustentável em longo prazo. (Ibrahim et al., 2014). 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). Em um novo cenário, a cultura do

capim-elefante vem despertando o interesse de pesquisadores e empresários do setor energético, principalmente pelo fato de ser uma planta C4, altamente eficiente na fixação do CO<sub>2</sub> atmosférico durante o processo de fotossíntese. Além disso, apresenta alta produtividade, um rápido crescimento vegetativo, alta rusticidade e resistência às condições climáticas desfavoráveis, ciclo curto e atributos de qualidade da biomassa. (Partelini et al., 2013).

No Brasil, há poucas instituições envolvidas no melhoramento genético desta cultura para tal finalidade, as quais são: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Empresa de Pesquisa Agropecuária de Santa Catarina (EPAGRI), Universidade Federal de Viçosa (UFV), Embrapa Gado de Leite, Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA).

Em função da grande importância dessa cultura para fins energéticos aliada à carência de estudos acerca dessa temática, observa-se a necessidade de intensificar as pesquisas de forma a desenvolver materiais melhorados, aptos a suprir a demanda energética. Uma grande dificuldade observada na avaliação da cultura do capim-elefante é devido à presença dos efeitos da interação entre genótipos e ambientes (G x A), ou seja, a irregularidade de desempenho dos genótipos mediante as variações ambientais. Quando essas interações são do tipo complexo, ocorre o desempenho inconsistente desses genótipos em função da variação dos ambientes, ou seja, uma cultivar apresenta comportamento superior em um dado ambiente e poderá apresentar desempenho inferior em outro. (Cruz et al., 2012).

Em virtude dos fatos expostos, é necessário desenvolver estudos para avaliar a viabilidade do uso da biomassa vegetal do capim-elefante, assim como, desenvolver cultivares melhoradas para produção de energia, já que, em geral, os estudos com essa espécie são direcionados para a alimentação animal. (Menezes et al., 2016; Rodrigues et al., 2017; Daher et al., 2018; Silva et al., 2018). Então, estimar os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade são ferramentas importantes e que irão auxiliar na tomada de decisões e na eficiência da seleção dos genótipos superiores para as condições edafoclimáticas da Região Norte do Estado do Rio de Janeiro.

## 2. OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho foram:

- a) estimar a interação genótipos x ambientes (G x A) de 83 genótipos de capim-elefante;
- b) estimar os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade via métodos de regressão linear simples e múltipla com base na característica produção de matéria seca;
- c) comparar as metodologias adotadas e estimar as correlações existentes entre elas;
- d) indicar os genótipos com elevada produtividade, estabilidade de desempenho e adaptabilidade às condições edafoclimáticas da região Norte Fluminense.



### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1. Características gerais e importância do capim-elefante

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) é uma cultura originária do continente africano, mais precisamente nas regiões de Guiné, Moçambique, Angola, Zimbábue e sul do Quênia. Esta espécie foi descoberta pelo Coronel Napier em 1905, propagou-se por toda a África sendo introduzida no Brasil em 1920. (Tcacenco et al., 1994; Pereira et al., 2008; Lima et al., 2010). Essa cultura foi utilizada inicialmente como alimento do gado, fato devido, à interação existente entre uma elevada taxa de produção e qualidade forrageira. (Pereira et al., 2001). No entanto, tendo em vista sua versatilidade de utilização, adaptabilidade a praticamente todo território brasileiro, e ainda, diante da necessidade de produção de energia a partir de fontes sustentáveis, o capim-elefante tem sido estudado e empregado para produção de biomassa para fins energéticos. (Pereira et al., 2008; Rocha et al. 2017).

Também conhecido como capim-napier, capim-cameroon e capim-cana, o capim-elefante pertence à família *Poaceae*, à subfamília *Panicoideae*, à tribo *Paniceae* e ao gênero *Pennisetum*. (Brunken, 1977; Pereira et al., 2010).

O capim-elefante é uma cultura perene, apresenta hábito de crescimento cespitoso, colmos eretos, cilíndricos, glabros e preenchidos por um parênquima suculento chegando a 2 cm de diâmetro, dispostos em touceira aberta ou não e atingindo de 3 a 5 metros de altura com entrenós de até 20 cm. Seus rizomas são considerados curtos e de coloração entre as tonalidades de verde claro e escuro, podendo alcançar até 10 cm de largura e 110 cm de comprimento. As folhas são finas, estriadas, de disposição alternada, bainha lanosa, lígula curta e ciliada, atingindo 1,25 m de comprimento por 4,0 cm de largura. (Brunken, 1977). Exibe inflorescência em panícula primária e terminal, com racemos em forma de espiga, solitária ou em conjunto no mesmo colmo, atingindo em média 15 cm de comprimento. A panícula é formada por espiguetas envolvidas por um tufo de cerdas de tamanhos desiguais e de coloração amarelada ou púrpura. Apresenta abundante lançamento de perfilhos aéreos e basais, podendo formar densas touceiras, apesar de não cobrirem totalmente o solo. (Deresz, 2001).

A cultura do capim-elefante é uma espécie alógama, com alto grau de heterozigose, aloploplóide com número básico de cromossomos  $x=7$  ( $2n = 4x = 28$ ), porém com comportamento diplóide normal e genomas A'A'BB que compõem o conjunto gênico secundário. (Hanna et al., 1984; Martel et al., 1996; Barbosa et al., 2003). A propagação é realizada, principalmente, de forma vegetativa (Pereira e Lédo, 2008) garantindo assim, uma população mais uniforme, é possível propagar genótipos superiores provenientes de cruzamentos, preservando a constituição genética, visando testes e eventuais lançamentos. Tal fato deve-se principalmente ao baixo poder germinativo das sementes de capim-elefante.

Sua importância econômica deve-se principalmente à alta capacidade de produção, ao acúmulo de matéria seca e às diversas formas de utilização. (Urquiaga et al., 2006; Vilela, 2009). De acordo com Samson et al. (2005), a eficiência fotossintética, a capacidade de produção de matéria seca e o teor de fibra são fatores agrônômicos que indicam o potencial de produção de energia de uma cultura. Porém, tal potencial produtivo pode variar em função de fatores como: genótipos, ambientes, intervalos e altura de corte, disponibilidade de nutrientes, água, luz e temperatura (Jacques, 1997), além disso, diante da existência da interação de genótipo por ambientes, há a necessidade das avaliações e recomendações serem realizadas de forma regionalizada. Com isso, observa-se uma grande variação quanto aos dados de produção de matéria seca desta cultura

na literatura. (Jacques, 1997; Souza Sobrinho et al., 2005; Vitor et al., 2009; Lima et al. 2011; Daher et al., 2014; Menezes et al., 2014; Oliveira et al., 2014; Rossi et al., 2014; Santos et al., 2014, Vidal et al., 2017, Freitas et al., 2017).

Vale ressaltar que as características da cultura aliadas às diversas utilidades do capim-elefante (ex: biomassa e fonte de alimentação animal) e complementadas à sua fácil multiplicação e rusticidade, justificam a grande difusão desse material nas diversas regiões do país.

### **3.2. Biomassa como fonte de energia**

O crescimento exponencial da população mundial ao longo dos anos e a alta demanda por alimentos, fibras e energia tendem em resultar em um grande problema ambiental. (Resck et al., 2008). Tal fato, pode ainda ser intensificado pela utilização desenfreada de combustíveis fósseis e pela alta emissão de gases de efeito estufa como: o gás carbônico (CO<sub>2</sub>), os óxidos de nitrogênios (Nox) e o metano (CH<sub>4</sub>). Assim, há a necessidade de diminuir a dependência de fontes finitas de energia mediante os problemas/preocupações ambientais decorrentes de seu uso. (Rossi, 2010).

Com o objetivo de conciliar tais fatos ao desenvolvimento econômico, a comunidade científica tem como desafio buscar fontes alternativas de energia. (Quesada et al., 2004; Morais et al., 2009). No cenário mundial, o Brasil apresenta elevada importância visto a ampla produção nacional de energia oriunda de fontes renováveis, dentre elas, a utilização de biomassas vegetais, uma alternativa energética segura, viável e muito promissora em longo prazo. (Silva et al., 2010).

De acordo com Goldemberg (2010), a biomassa pode ser definida como a energia química, produto da fotossíntese, produzida pelas plantas na forma de hidratos de carbono e utilizada como combustível na sua forma bruta ou através de seus derivados. A energia que advém da biomassa pode ser considerada ilimitada e sua renovação se dá por meio do ciclo do carbono onde o CO<sub>2</sub> atmosférico age como fonte de C para o crescimento das plantas ao longo do processo fotossintético, sendo assim, a acumulação de biomassa pelas plantas dependerá de fatores como: disponibilidade de nutrientes, condições físicas e químicas do

solo, disponibilidade de água e temperatura. (Boddey et al., 2004; Flores et al., 2013).

Segundo Smeets et al. (2009), *Panicum virgatum*, *Phalaris arundinacea* e *Mischantus giganteus* são principais espécies que vêm sendo estudadas para produção de biomassa em nível mundial. No entanto, a cultura do capim-elefante apresenta elevada produção de biomassa (superior a 40 toneladas anuais de matéria seca por hectare), aliada ao seu elevado teor de fibra (cerca de 65%) e poder calorífero, dessa forma, tem sido avaliada como uma excelente alternativa energética. (Flores et al., 2013; Marafon et al., 2012).

Segundo Zanetti (2010), a energia produzida pelo capim (em Kcal/Kg) é superior à produzida pelo eucalipto, podendo atingir 4,200 Kcal/Kg, enquanto a madeira do eucalipto atinge 3,300 Kcal/Kg. Para originar um carvão de boa qualidade e com um mínimo consumo de energia fóssil, alguns requisitos são necessários: altos teores de lignina e fibras, alta relação C: N e baixos teores de proteína. (Quesada et al., 2004). Segundo Barbé (2012), com o aumento da idade fisiológica, os teores de matéria seca, fibras, celulose e hemicelulose, lignina e relação C:N são incrementados, logo, tais teores apresentam relação diretamente proporcional ao tempo de crescimento da planta.

### **3.3. Melhoramento genético e banco ativo de germoplasma**

O primeiro relato de melhoramento de capim-elefante foi realizado durante a década de 30 na África e ainda nos dias atuais, muitas destas seleções permanecem sendo cultivadas. Com o passar dos anos, várias estratégias de melhoramento foram utilizadas com o objetivo de atingir ganhos ao germoplasma da espécie, assim, diversas cultivares já foram lançadas ao redor do mundo como: Merckeron, Mott, Minna, Taiwan, Napier, Porto Rico, Mercker, Pusa Napier No.1 e Cameroon. (Singh et al., 2013).

A diversidade genética da cultura do capim-elefante é de alta magnitude, podendo ser intensamente explorada por pesquisas. (Cavalcante e Lira, 2010). Desse modo, o melhoramento da cultura do capim-elefante torna-se perfeitamente viável e pode ser explorado para obtenção de novos materiais que apresentem as características desejadas e atinjam os objetivos estabelecidos. (Cunha et al., 2011).

O uso da introdução de germoplasma como método de melhoramento de capim-elefante tem se mostrado a estratégia mais adequada para avaliar e selecionar novas cultivares adaptadas aos diferentes ecossistemas do país. A realização destes ensaios em diferentes condições edafoclimáticas possibilita a identificação de genótipos que apresentem as características desejáveis, de forma simples e de baixo custo, permitindo os avaliar nos ambientes onde serão utilizados. (Ledo et al., 2003).

Isto exposto, para garantir a disponibilidade da variabilidade genética necessária para dar aporte aos programas e dotar o país de atributos que evitem a erosão genética desta gramínea, é de grande importância constituir e manter bancos de germoplasma. (Pereira e Lédo, 2008). Entretanto, de acordo com Singh et al. (2013), é preciso certificar-se de que os materiais não sejam duplicatas e ainda, realizar uma avaliação do grau de divergência genética entre os acessos, pois apesar de existirem vários centros de pesquisa com coleções de germoplasma ao redor do mundo (Brasil, China, Porto Rico, EUA e países da África), muitas vezes estas coleções não estão bem caracterizadas.

No Brasil, os principais bancos de germoplasma do capim-elefante encontram-se na Embrapa Gado de Leite e no Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA). Além destes existem os bancos da Universidade Federal de Pelotas, da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Santa Catarina (EPAGRI) e da Universidade Federal de Viçosa (UFV) e mais recentemente, a Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF).

O programa de melhoramento genético do capim-elefante na UENF vem sendo desenvolvido desde o ano de 2007, e tem por objetivo desenvolver genótipos adaptados às condições edafoclimáticas da região Norte Fluminense voltados tanto para produção animal como para produção de energia via biomassa. (Rossi, 2010; Lima et al., 2011; Silva, 2011; Cunha, 2012; Oliveira et al., 2013; Schneider, 2013; Daher et al., 2014; Menezes et al., 2014; Oliveira et al., 2014; Rossi et al., 2014; Santos et al., 2014; Rocha et al., 2015; Oliveira et al., 2017; Rodrigues et al., 2017; Vidal et al., 2017; Freitas et al., 2018).

A cultura do capim-elefante ainda está em fase inicial de melhoramento, a maioria das cultivares é constituída de clones selecionados de genótipos coletados nas áreas de diversidade da espécie. É possível observar, nos materiais que se encontram sob cultivo, algumas características de espécies não domesticadas

totalmente, tais como: florescimento não sincronizado, sementes pequenas e deiscentes, entre outros. (Pereira e Léo, 2008). Segundo os mesmos autores, as metodologias de melhoramento utilizadas para a cultura do capim-elefante são as mesmas adotadas para as espécies alógamas, diferindo apenas em relação a algumas características relativas à cultura, as quais, podem ou não favorecer o processo, como florescimento protogínico, elevado número de inflorescência por planta, propagação vegetativa e por meio de sementes, ampla variabilidade do germoplasma e facilidade de cruzamento interespecífico. (Sousa Sobrinho, 2005).

Os trabalhos de melhoramento genético de capim-elefante realizados até um passado recente visavam em sua totalidade, desenvolver e identificar variedades para alimentação animal, quer seja para utilização em pastejo ou capineiras. No entanto, em virtude da versatilidade da cultura, nos últimos anos, aumentou-se o volume de pesquisas visando à obtenção de materiais para utilização na produção de biomassa para fins energéticos. (Embrapa, 2013). Dessa forma, a cultura passa a apresentar duas vertentes de melhoramento. A primeira voltada ao desenvolvimento de teores elevados de proteínas e baixos de fibra (materiais para fins forrageiros) e a segunda com o objetivo de atender a demanda bioenergética, ou seja, selecionar um material com um elevado teor de celulose e rendimento máximo de biomassa em função do acúmulo de matéria seca. (Quesada et al., 2004; Flores et al., 2013).

No melhoramento de capim-elefante para produção de bioenergia, quando o objetivo da seleção for maior produção de matéria seca, recomenda-se selecionar genótipos que apresentem maior número de perfilhos, diâmetro do colmo e altura de plantas. (Rocha et al., 2015). Quando o objetivo for a qualidade da biomassa ou um elevado poder calorífero deve-se optar por matérias com altas concentrações de lignina e celulose, baixos teores de cinzas, alta relação carbono/nitrogênio, baixos teores de nitrogênio e de umidade. (Rossi, 2010; Tavares e Santos, 2013). Em função da necessidade de se obter um máximo rendimento, a produção de matéria seca passa a ser um atributo de grande importância, uma vez que, é capaz de gerar repostas imediatas na produção total de biomassa da cultura.

### 3.4. Interação Genótipo x Ambiente, adaptabilidade e estabilidade fenotípica

A interação genótipo x ambiente (G x A), tem por finalidade avaliar a diferença de resposta dos genótipos em distintos ambientes de produção. (Cruz et al., 2012; Viana e Resende, 2014). Essa interação é um grande desafio para a seleção devido à possibilidade do genótipo apresentar desempenho diferencial de acordo com o ambiente, ou seja, ser o melhor em um ambiente e não o ser em outro. (Fan et al., 2007).

A interação G x A é desdobrada a fatores simples e complexos. No primeiro caso, a classificação dos genótipos entre os ambientes não é afetada significativamente pela presença de genótipos adaptados a uma grande diversidade de ambientes. No segundo caso, a classificação dos genótipos entre os ambientes é alterada de maneira significativa, indicando a presença de genótipos adaptados a determinados ambientes, tornando difícil a seleção e recomendação deste material. (Cruz et al., 2012).

O entendimento dos efeitos da interação G x A pode ser encarada como uma das principais dificuldades à seleção em programas de melhoramento. Se não houvesse esta interação, um único ensaio seria suficiente para fornecer resultados universais a respeito de um genótipo (Duarte e Vencovsky, 1999; Ramalho, 2012), para amenizar o efeito da interação G x A e seu impacto sobre o processo de seleção e recomendação de genótipos, deve-se implementar experimentos em um maior número de locais e/ou anos agrícolas possíveis. Para se obter informações com maior precisão à respeito do desempenho dos genótipos frente às variações do meio e entender os efeitos da interação G x A, são necessários estudos de adaptabilidade e estabilidade, de forma a tornar possível a identificação de cultivares a partir da previsibilidade de resposta às variações específicas ou amplas do ambiente. (Cruz et al., 2012).

Segundo Vencovsky e Barriga (1992), o termo estabilidade se refere à resposta de genótipos ao longo de diferentes anos, em um dado local (estabilidade temporal), sendo esta a estabilidade que interessa ao produtor. Para Becker (1981), a estabilidade é caracterizada como: estabilidade biológica, aquela em que a cultivar mantém uma produtividade constante entre ambientes ou; estabilidade agrônômica, aquela em que a cultivar produz bem em relação ao potencial produtivo dos ambientes testados. De acordo com Oliveira et al. (2011), a

estabilidade permite avaliar o potencial dos materiais genéticos em um grande número de condições ambientais, identificando os que sejam mais ou menos influenciados pelo ambiente de forma a selecionar indivíduos com resposta previsível em um ou em diversos ambientes. Verma et al. (1979) definem adaptabilidade como a capacidade dos genótipos apresentarem rendimentos elevados e constantes em ambientes desfavoráveis, mas com habilidade de responder à melhoria das condições ambientais.

Logo, as análises de adaptabilidade e estabilidade são compreendidas por procedimentos estatísticos que se dispõem a identificar materiais genéticos de comportamento mais estável e de resposta previsível às variações ambientais, sendo esta, característica indispensável para orientar os trabalhos de melhoramento. (Junior e Duarte, 2006). Com objetivo de explorar tal fato, vários autores propuseram diferentes metodologias biométricas, algumas alternativas e outras complementares (Cruz et al, 2014), como: a análise de variância, onde as estimativas de estabilidade são expressas em componentes quadráticos; os modelos não paramétricos, os quais avaliam o desempenho de cada genótipo em relação à resposta máxima em cada ambiente; e os métodos de regressão, aqueles em que a variável dependente é expressa em função de um índice ambiental que mede a qualidade dos ambientes avaliados (Cruz et al., 2014), tal parâmetro pode seguir ainda, modelos de regressão linear uni (Finlay e Wilkinson, 1963; Eberhart e Russell, 1966) e bissegmentado (Verma et al., 1978; Cruz et al., 1989).

A escolha do método a ser utilizado deve levar em conta os atributos de execução e interpretação (Cruz et al., 2012; Rocha et al., 2005), assim como, está relacionada com o número de ambientes envolvidos, precisão requerida e o tipo de informação desejada. De acordo com Vicente et al. (2004), conhecer a capacidade do material genético de assimilar vantajosamente os estímulos ambientais (adaptabilidade) e manter o seu rendimento em ambientes diversos (estabilidade) podem contribuir para uma avaliação mais precisa dos acessos em estudo. No presente trabalho, foram utilizados métodos baseados em equações de regressão linear simples e bissegmentada, sendo este, um dos procedimentos mais utilizados para o estudo dos parâmetros de estabilidade e adaptabilidade.



## 4.MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Instalação do experimento

O experimento foi instalado na área de convênio do Centro Estadual de Pesquisas em Agroenergia e Aproveitamento de Resíduos, em Campos dos Goytacazes com a Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF), na região Norte Fluminense, localizada a 21° 19' 23" de latitude sul e 41° 19' 40" de longitude oeste com altitude variando de 20 a 30 m no município. Segundo a classificação de Köppem, o clima da região é classificado como tropical úmido (Aw), com verão chuvoso, inverno seco. Segundo a última Normal Climatológica, o município apresenta amplitude térmica muito pequena e precipitação média anual de 1.055,3 mm. (Mendonça, 2014).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com duas repetições, unidades experimentais formadas por uma linha de 5,5m e espaçamento de 2m, totalizando 11m<sup>2</sup>. A área útil compreende 1m ao centro da parcela na qual a amostra é recolhida. Os genótipos avaliados consistem em 83 acessos de capim-elefante (Tabela 1) provenientes do Banco Ativo de Germoplasma de Capim-Elefante (BAG- CE) da Embrapa Gado de Leite, localizada em Coronel Pacheco- MG.

Tabela 1. Relação dos 83 genótipos presentes no Banco Ativo de Germoplasma de Capim-elefante (BAGCE) CCTA/UENF. Campos dos Goytacazes, RJ, 2018.

<b>NºGen</b>	<b>Genótipo</b>	<b>Origem</b>	<b>NºGen</b>	<b>Genótipo</b>	<b>Origem</b>
1	Elefante da Colômbia	Colômbia	43	Elefante Cach. de Itapemirim	Brasil
2	Mercker	Brasil	44	Capim Cana D'África	Brasil
3	Três Rios	Brasil	45	Gramafante	Brasil
4	Napier Volta Grande	Brasil	46	Roxo	Brasil
5	Mercker Santa Rita	Brasil	47	Guaçu/I,Z,2	Brasil
6	Pusa Napier N 2	Índia	48	Cuba-116	Cuba
7	Gigante de Pinda	Brasil	49	Cuba-169	Cuba
8	Napier N 2	Brasil	50	King Grass	Cuba
9	Mercker S, E, A	Brasil	51	Roxo Botucatu	Brasil
10	Taiwan A-148	Brasil	52	Mineirão IPEACO	Brasil
11	Porto Rico 534-B	Brasil	53	Vruckwona Africano	Brasil
12	Taiwan A-25	Brasil	54	Cameroon	Brasil
13	Albano	Colômbia	55	CPAC	Brasil
14	Hib, Gigante Colômbia	Colômbia	56	Guaçu	Brasil
15	Pusa Gigante Napier	Índia	57	Napierzinho	Brasil
16	Elefante Híbrido 534-A	Brasil	58	IJ 7125 cv EMPASC 308	Brasil
17	Costa Rica	Costa Rica	59	IJ 7126 cv EMPASC 310	Brasil
18	Cubano Pinda	Brasil	60	IJ 7127 cv EMPASC 309	Brasil
19	Mercker Pinda	Brasil	61	IJ 7136 cv EMPASC 307	Brasil
20	Mercker Pinda México	Brasil	62	IJ 7139	Brasil
21	Mercker 86 México	Colômbia	63	IJ 7141 cv EMPASC 306	Brasil
22	Taiwan A-144	Brasil	64	Goiano	Brasil
23	Napier S,E,A,	Brasil	65	CAC-262	Brasil
24	Taiwan A-143	Brasil	66	Ibitinema	Brasil
25	Pusa Napier N 1	Índia	67	903-77 ou Australiano	Brasil
26	Elefante de Pinda	Colômbia	68	13 AD	Brasil
27	Mineiro	Brasil	69	10 AD IRI	Brasil
28	Mole de Volta Grande	Brasil	70	Pasto Panamá	Panamá
29	Porto Rico	Brasil	71	BAG – 92	Brasil
30	Napier	Brasil	72	09 AD IRI	Brasil

Tabela 1. cont...

NºGen	Genótipo	Origem	NºGen	Genótipo	Origem
31	Mercker Comum	Brasil	73	11 AD IRI	Brasil
32	Teresópolis	Brasil	74	05 AD IRI	Brasil
33	Taiwan A-46	Brasil	75	06 AD IRI	Brasil
34	Duro Volta Grande	Brasil	76	01 AD iIRI	Brasil
35	Mercker Comum Pinda	Brasil	77	04 AD IRI	Brasil
36	Turrialba	Brasil	78	13 AD IRI	Brasil
37	Taiwan A-146	Brasil	79	03 AD IRI	Brasil
38	Cameroon Piracicaba	Brasil	80	02 AD IRI	Brasil
39	Taiwan A-121	Brasil	81	08 AD IRI	Brasil
40	Vrukwona	Brasil	82	União	Brasil
41	P241 Piracicaba	Brasil	83	Pesagro Bord	Brasil
42	IAC-Campinas	Brasil			

#### 4.2. Condução do experimento

A implementação do BAG-CE (UENF) ocorreu nos dias 23 e 24 de fevereiro de 2011, utilizando colmos inteiros, distribuídos nos sulcos, dois em cada sulco, na forma de pé com ponta. Após a distribuição dos colmos nos sulcos, eles foram cortados em pedaços contendo duas ou três gemas.

O solo foi classificado como Latossolo Amarelo e apresentou pela análise de solo as seguintes características: pH 5,5; P ( $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) 18; K( $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) 83; Ca ( $\text{cmol}_c\cdot\text{dm}^{-3}$ ) 4,6; Mg ( $\text{cmol}_c\cdot\text{dm}^{-3}$ ) 3,0; Al ( $\text{cmol}_c\cdot\text{dm}^{-3}$ ) 0,1; H+Al ( $\text{cmol}_c\cdot\text{dm}^{-3}$ ) 4,5 e C (%) 1,6.

Na adubação de plantio, foram distribuídos em cada linha 60 g de superfosfato simples e, aos 50 dias após o plantio, foi realizada a adubação de cobertura utilizando 70 g de ureia e 40 g de KCl (cloreto de potássio) por linha, correspondendo a 28,6 Kg de N (nitrogênio) e 24 Kg de  $\text{K}_2\text{O}$  (óxido de potássio) por hectare.

Após a fase de estabelecimento, realizou-se o corte de uniformização, em que todas as plantas foram cortadas rente ao solo (15/12/2011), e juntamente foi realizado um replantio para minimizar as falhas ao longo das linhas de plantio.

As avaliações foram efetuadas em regime de cortes anuais, sendo o primeiro e segundo cortes realizados em 27/11/2012 e 05/11/2013, respectivamente. (Oliveira, 2014). O terceiro e quarto cortes foram realizados por Araújo (2016) nas datas de 10/12/2014 e 30/11/2015, enquanto a quinta avaliação foi realizada em 10/12/2016 e a sexta em 30/11/2017.

A característica avaliada foi a produção de matéria seca (PMS) por corte, em  $t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$ . Logo após a coleta, foram retirados dois perfilhos, que foram colocados em sacos de papel de 5 kg para secagem em estufa a 65 °C, por 72 horas, até peso constante (ASA – amostra seca ao ar). O material seco (folha e colmo) foi moído em moinho tipo Willey com peneira de 1 mm e acondicionado em frasco de plástico. Em seguida, as amostras foram colocadas novamente para secar em estufa a 105 °C, por 12 horas (ASE - amostra seca em estufa).

### **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:

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

Em que:

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

m: constante geral;

$G_i$ : efeito fixo do i-ésimo genótipo;

$B_j$ : efeito aleatório do j-ésimo bloco; e

$\varepsilon_{ij}$ : erro experimental.

Segundo Pimentel-Gomes e Garcia (2002), se a relação entre o maior e o menor quadrado médio residual for menor do que sete, a análise conjunta poderá ser feita sem maiores problemas, no entanto, quando essa relação for maior que

sete, convém considerar separadamente subgrupos de experimentos com quadrados médios residuais não muito heterogêneos.

A análise conjunta foi realizada considerando o modelo estatístico de parcelas subdivididas, foi realizada segundo Ramalho et al. (2005).

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

Em que:

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

$m$ : constante geral;

$G_i$ : efeito fixo do i-ésimo genótipo;

$B_j$ : efeito do j-ésimo bloco;

$\varepsilon_a$ : erro a associado ao i-ésimo genótipo no j-ésimo bloco;

$C_k$ : efeito fixo do k-ésimo corte;

$\varepsilon_b$ : erro b associado ao j-ésimo bloco, no k-ésimo ambiente;

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

$\varepsilon_c$ : erro c associado ao i-ésimo genótipo, no j-ésimo bloco e no k-ésimo corte.

#### **4.3.2. Análise da estabilidade e adaptabilidade dos genótipos**

Para determinação da estabilidade e da adaptabilidade dos genótipos foram empregadas as seguintes metodologias baseadas em regressão linear simples (Finlay e Wilkinson, 1963 e Eberhart e Russel, 1966) e múltipla (Cruz et al., 1989). Considerou-se cada corte de avaliação realizado como um “ambiente”, uma vez que cada um apresentava condições não controladas de clima.

#### 4.3.2.1. Decomposição da interação em parte complexa

Uma vez detectada a ocorrência da interação G x A (teste F significativo), realizou-se a decomposição da interação em partes simples e complexa segundo Cruz e Castoldi (1991).

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

Em que:

$Q_1$  e  $Q_2$  os quadrados médios de genótipos nos pares de ambientes; e

$r$ : a correlação entre as médias de genótipos nos dois ambientes.

#### 4.3.2.2. Método de Finlay e Wilkinson (1963)

Por meio desta metodologia é calculada uma regressão linear da produção individual de cada genótipo sobre a média de todos os genótipos para cada ambiente (corte de avaliação). Dessa forma, é possível descrever as respostas de adaptação dos genótipos individuais para uma série de ambientes nos quais eles foram cultivados e selecionar uma população de genótipos tendo em vista a sua adaptação e performance de produção.

Na metodologia de Finlay e Wilkinson (1963) é adotado o modelo de regressão linear simples, que mede a resposta de cada genótipo às variações ambientais, conforme o modelo abaixo.

$$Y_{ij} = \beta_{0i} + \beta_{1i} I_j + \delta_{ij} + \bar{\epsilon}_{ij}$$

Em que:

$Y_{ij}$ : média do  $i$ -ésimo genótipo, no  $j$ -ésimo ambiente, obtida através da transformação logarítmica dos dados;

$\beta_{0i}$ : média geral do  $i$ -ésimo genótipo;

$\beta_{1i}$ : coeficiente de regressão linear, que mede a resposta do  $i$ -ésimo genótipo à variação do ambiente;

$I_j$ : índice ambiental codificado ( $\sum I_j = 0$ ) sendo  $I_j = \bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{..}$ ;

$\delta_{ij}$ : desvio da regressão do  $i$ -ésimo genótipo no  $j$ -ésimo ambiente; e

$\bar{\epsilon}_{ij}$ : erro experimental médio associado à observação  $Y_{ij}$ .

A metodologia de Finlay e Wilkinson (1963) estima os desvios da regressão de forma a propiciar a ideia da resposta linear de cada genótipo, o que leva esta metodologia a exigir uma transformação prévia dos dados para uma escala logarítmica, pois assim os dados tendem a ser linearizados, eliminando o efeito significativo dos desvios da regressão. Os conceitos de adaptabilidade e estabilidade estão relacionados com os coeficientes de regressão linear e com a média do genótipo e nenhuma inferência é feita em relação ao ajuste das equações de regressão, pressupondo-se que a transformação logarítmica proporcione uma adequação satisfatória do modelo de regressão linear.

Nesta metodologia, o coeficiente de regressão é parâmetro único para os dois conceitos distintos: adaptabilidade e estabilidade. A adaptabilidade expressa a resposta do acesso às variações ambientais e a estabilidade baseia-se na ideia de invariância do mesmo quando desenvolvido em ambientes desfavoráveis e favoráveis. Diante disto, genótipos com  $\hat{\beta}_{1i}=1$  apresentam estabilidade média e resposta aos ambientes paralela à resposta média de todos os genótipos nos ambientes (nesse caso o genótipo terá adaptabilidade geral); genótipos com  $\hat{\beta}_{1i} > 1$  têm baixa estabilidade e são responsivos a condições ambientais favoráveis e, genótipos com  $\hat{\beta}_{1i} < 1$  possuem alta estabilidade e não apresentam sensibilidade a alterações nas condições ambientais.

Segundo a metodologia, o material ideal é aquele que apresenta média elevada ( $\beta_{0i}$ ) e coeficiente ( $\beta_{1i}$ ) igual a 1, ou seja, adaptabilidade geral e resposta satisfatória à melhoria do ambiente, sendo capaz também de manter o seu rendimento quando as condições ambientais forem adversas. (Cruz et al., 2012).

Uma avaliação da hipótese  $H_0: B_{1i} = 1$  é feita por meio do teste  $t$ , cuja estatística é dada por:

$$t = \frac{B_{1i} - 1}{\sqrt{V(B_{1i})}}$$

Como medida auxiliar de comparação entre genótipos, foi utilizado o coeficiente de determinação  $R^2$  (Cruz et al., 2012), obtido de acordo com a seguinte equação:

$$R^2 = [SQ(\text{Regressão linear})_i / SQ(A/G_i)] \times 100$$

Onde:

$SQ(\text{Regressão linear})_i$ : é a soma de quadrados da regressão linear do i-ésimo genótipo; e

$SQ(A/G_i)$ : a soma de quadrados de ambientes dentro do i-ésimo genótipo.

#### 4.3.2.3. Método de Eberhart e Russell (1966)

A metodologia proposta por Eberhart e Russel (1966) é uma das mais utilizadas por melhoristas de plantas para avaliar os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade. Os parâmetros coeficiente de regressão ( $\beta_{1i}$ ) e a produtividade média ( $\beta_{0i}$ ) estimam a adaptabilidade do genótipo, enquanto a variância dos desvios de regressão ( $\sigma_{di}^2$ ) e/ou o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) medem a sua estabilidade.

O parâmetro  $\beta_{1i}$ , utilizado como padrão de resposta do genótipo aos diferentes ambientes, foi estimado de acordo com a seguinte expressão:

$$\hat{\beta}_{1i} = \frac{\sum_j Y_{ij} I_j}{\sum_i I_j^2}$$

Em que:

$Y_{ij}$ : média do i-ésimo genótipo no j-ésimo ambiente;

$I_j$ : índice ambiental, onde:

$$I_j = \left[ \left( \frac{Y_j}{p} \right) - \left( \frac{Y_{..}}{pn} \right) \right]$$

Em que:

$Y_j$ : média de todos os genótipos no j-ésimo ambiente;

$Y_{..}$ : média geral;

$n$ : número de genótipos;

$p$ : número de ambientes.

As hipóteses  $H_0: \beta_{1i} = 1$  e  $H_1: \beta_{1i} \neq 1$  foram avaliadas pela estatística t, dada por:



$$t = \frac{\hat{\beta}_{1i} - 1}{\sqrt{\hat{V}(\hat{\beta}_{1i})}}$$

Os genótipos foram classificados quanto à adaptabilidade em três grupos:

- Adaptabilidade geral ou ampla com  $\hat{\beta}_{1i} = 1$  que apresenta média acima da média geral, é o tipo desejável em ambientes com muitas variações imprevisíveis;
- Adaptabilidade específica a ambientes favoráveis com  $\hat{\beta}_{1i} > 1$  que agrupa os genótipos com alto desempenho em ambientes favoráveis; e
- Adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis  $\hat{\beta}_{1i} < 1$  que reúne os genótipos que se destacam em ambientes desfavoráveis.

O parâmetro  $\sigma_{di}^2$  foi determinado de acordo com a seguinte expressão:

$$\sigma_{di}^2 = \frac{\sum \delta_{ij}^2}{(a - 2)} = QMD_i - QMR/r$$

Em que:

QMD<sub>i</sub>: é o quadrado médio dos desvios de regressão do i-ésimo genótipo;

QMR: é o quadrado médio do resíduo; e

r: número de repetições.

Em relação à estabilidade, os genótipos foram classificados em: materiais de alta ( $\sigma_{di}^2 = 0$ ) e baixa estabilidade ( $\sigma_{di}^2 \neq 0$ ).

As estimativas para a variância dos desvios de regressão foram testadas segundo a hipótese  $H_0: \sigma_{di}^2 = 0$  e  $H_1: \sigma_{di}^2 \neq 0$ , utilizando-se o teste F de acordo com a seguinte expressão:

$$F = QMD_i / QMR$$

Assim como na metodologia de Finlay e Wilkinson (1963), foi utilizado o coeficiente de determinação  $R^2$  como medida auxiliar de comparação entre genótipos.

Segundo Eberhart e Russell (1966), o genótipo foi classificado como ideal quando apresentou média elevada ( $\beta_{oi}$ ), ampla adaptabilidade ( $\hat{\beta}_{1i} = 1$ ) e alta estabilidade ( $\sigma_{di}^2 = 0$ ).

#### 4.3.2.4. Método de Cruz et al. (1989)

O método proposto por Cruz et al. (1989) baseia-se na análise de regressão linear bissegmentada. O modelo segue a seguinte equação:

$$Y_{ij} = \beta_{oi} + \beta_{1i}I_j + \beta_{2i}T(I_j) + \delta_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Em que:

$Y_{ij}$ : média do i-ésimo genótipo no j-ésimo ambiente;

$\beta_{oi}$ : média geral do i-ésimo genótipo;

$\beta_{1i}$ : coeficiente de regressão linear;

$I_j$ : índice ambiental codificado ( $\sum_j I_j = 0$ ) sendo  $I_j = \bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{..}$ ;

$T(I_j)$ : variável independente;

$\sigma_{ij}$ : desvio de regressão; e

$\varepsilon_{ij}$ : erro experimental médio.

Esta metodologia considera como parâmetros de adaptabilidade a média ( $\beta_{oi}$ ), a resposta linear aos ambientes favoráveis ( $\beta_{1i} + \beta_{2i}$ ) e desfavoráveis ( $\beta_{1i}$ ). Já a estabilidade é avaliada por meio do desvio de regressão de cada genótipo em função das variações ambientais e/ou pelo coeficiente de determinação ( $R^2$ ). O índice ambiental é calculado conforme descrito por Eberhart e Russel (1966).

Para avaliação dos parâmetros acima descritos foram utilizadas as seguintes medidas:  $\beta_{oi}$ : média geral do i-ésimo genótipo;  $\beta_{1i}$ : resposta do i-ésimo genótipo à melhoria nos ambientes desfavoráveis;  $\beta_{1i} + \beta_{2i}$ : resposta do i-ésimo genótipo à melhoria nos ambientes favoráveis; e  $\delta_{ij}$ : medida da estabilidade ou previsibilidade do i-ésimo genótipo, baseada no modelo linear bissegmentado.

As estimativas  $\beta_{1i}$  e  $\beta_{1i} + \beta_{2i}$  foram testadas segundo a hipótese  $H_0$ : ( $\beta_{1i}$ ), ( $\beta_{1i} + \beta_{2i}$ ) = 1 e ( $\delta_{ij}$ ) = 0, sendo a hipótese alternativa  $H_1$ : ( $\beta_{1i}$ ), ( $\beta_{1i} + \beta_{2i}$ )  $\neq$  1 e ( $\delta_{ij}$ )  $\neq$  0, utilizando a estatística t.

Para Cruz et al. (1989), o genótipo dito como ideal deve apresentar média alta,  $\beta_{1i} < 1$ ,  $\beta_{1i} + \beta_{2i} > 1$  e  $\delta_{ij} = 0$ , ou seja, alta produtividade, coeficiente de regressão menor que um em ambientes desfavoráveis e maior que um em ambientes favoráveis e ainda, coeficiente de regressão igual a zero.

#### 4.3.3. Coeficiente de Correlação de Spearman

O grau de concordância entre os diferentes métodos empregados foi avaliado pela utilização do coeficiente de Spearman ( $\rho$ ), que considera o ordenamento dos genótipos, de acordo com cada um dos parâmetros dos métodos utilizados. A expressão para cálculo do coeficiente de Spearman é dada por:

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

Em que:

$\rho$ : coeficiente de correção de Spearman;

$d_i^2$ : diferença entre as ordenações; e

$n$ : número de partes de ordenações.

Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando-se os recursos computacionais do Programa Genes. (Cruz, 2013).

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1. Análises de variância individual e conjunta**

Os resultados das análises de variância individual para a característica produção de matéria seca (PMS) avaliada a partir de 83 genótipos de capim-elefante em seis cortes anuais de avaliação, encontram-se na Tabela 2.

Na Tabela 2, observou-se que a fonte de variação genótipos apresentou significância estatística do efeito de forma diferenciada na característica avaliada ao longo dos períodos de avaliação. No segundo e sexto cortes foi verificado que não houve diferença significativa pelo teste F para a fonte de variação tratamento para característica avaliada ( $P > 0,05$ ).

Tabela 2. Resumo da análise de variância individual para as características produtividade de matéria seca (PMS) ao longo de seis anos de avaliação e em 83 genótipos de capim-elefante. Campos dos Goytacazes – RJ, 2018.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>Ano 1</b>	<b>Ano 2</b>	<b>Ano 3</b>	<b>Ano 4</b>	<b>Ano 5</b>	<b>Ano 6</b>
Blocos	1	20,01	228,10	536,54	209,57	2,81	1246,07
Genótipos	82	338,43**	367,79 <sup>ns</sup>	96,94**	91,01**	90,84*	38,91 <sup>ns</sup>
Resíduo	82	162,84	261,37	39,77	61,37	55,09	38,25
Média		35,25	41,90	23,59	23,09	21,59	16,88
CVe (%)		36,20	38,58	26,73	33,93	34,37	36,64

ns, \*\* e \* - não significativo e significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Os resultados da análise de variância individual para os cortes 1, 3 e 4 apontam que houve diferenças significativas pelo teste F ao nível de 1% para a fonte de tratamento para PMS, em contrapartida, no ano 5, apresentou diferença significativa entre os genótipos analisados ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F. (Tabela 2). Tal fato pode ser visto como um indicativo da expressão fenotípica da variabilidade genética existente na espécie e na coleção de genótipos avaliada (Cavalcante e Lira, 2010), ou seja, estes desempenhos diferenciados apontam a existência de variabilidade genética no Banco Ativo de Germoplasma de Capim-Elefante pertencente a UENF, possibilitando selecionar os melhores genótipos.

Segundo Cruz e Regazzi (2001), as análises de variância são importantes por possibilitarem avaliar a magnitude da variabilidade genética existente entre os genótipos estudados, a precisão relativa do experimento e as discrepâncias entre as variâncias residuais obtidas.

As médias gerais para a característica PMS variaram de 16,88 a 41,90 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> ao longo dos seis cortes de avaliação realizados. (Tabela 2). O segundo período de avaliação foi o que propiciou maior média geral para a característica analisada e, em contrapartida, o sexto ano de avaliação resultou em uma média de 16,88 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, valor este, bem inferior aos demais anos. Leão et al. (2012) estudando o desempenho de 13 genótipos de capim-elefante, obtiveram média de 4,86 t.ha<sup>-1</sup>.corte<sup>-1</sup> para a característica PMS, valor este, bem inferior ao encontrado neste trabalho. Menezes et al. (2016), avaliando genótipos de *Pennisetum purpureum* Schum., encontraram valores médios para PMS de 19,62 t.ha<sup>-1</sup>.corte<sup>-1</sup>.

O desempenho positivo dos genótipos ao longo do corte 2 e o decréscimo do desempenho no corte 6 podem ser explicados pelas condições climatológicas existentes ao longo do período de crescimento da cultura conforme apresentado na Figura 1. Segundo Cunha et al. (2013), a característica PMS foi influenciada por fatores ambientais ocorridos ao longo do período de desenvolvimento da cultura do capim-elefante como temperatura, precipitação e luminosidade.

De acordo com os dados da análise de variância individual (Tabela 2), é possível perceber que a PMS média foi superior nos anos 1 ( $35,25 \text{ t.ha}^{-1}.\text{corte}^{-1}$ ) e 2 ( $41,90 \text{ t.ha}^{-1}.\text{corte}^{-1}$ ), este fato ocorreu, provavelmente, em função dos maiores índices pluviométricos obtidos nestes respectivos períodos, apresentando um total de 781,10 mm (2012) e 1197,20 mm (2013), respectivamente. (Figura 1). Da mesma forma, vários outros trabalhos já demonstraram que a quantidade de água disponível interfere diretamente na produtividade da planta, ou seja, quanto maior a disponibilidade, melhor o desenvolvimento da cultura. (Daher et al., 2000; Ribeiro et al., 2009; Vitor et al., 2009).

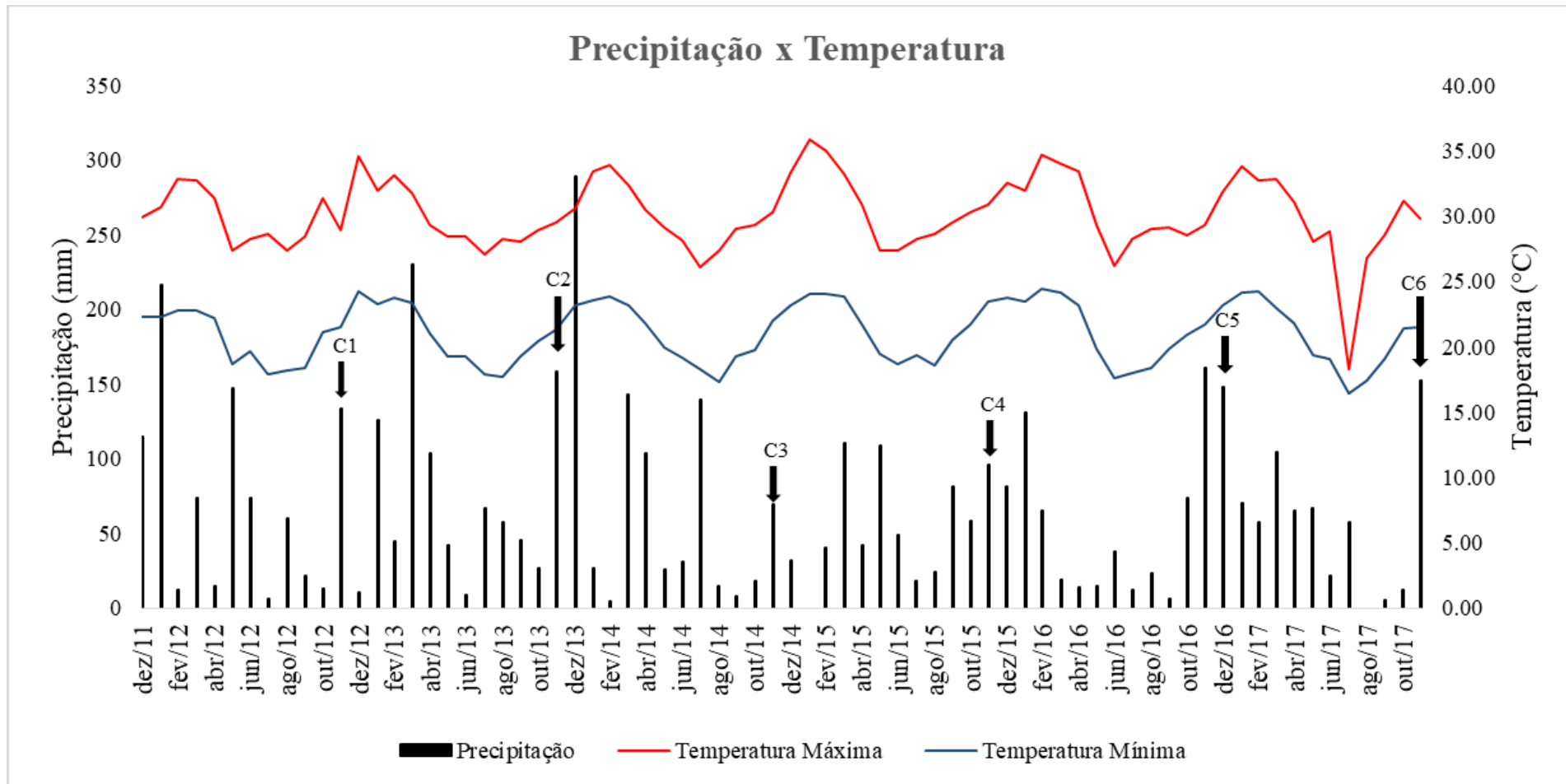


Figura 1. Temperaturas máximas e mínimas médias mensais (°C) e precipitações pluviométricas médias (mm) do período de janeiro de 2011 a novembro de 2017 em Campos dos Goytacazes, RJ. Fonte: Estação Evapotranspirométrica – Setor de Irrigação e Agrometeorologia da UENF/PESAGRO.

Por meio do coeficiente de variação estimado na análise de variância é possível indicar o grau de precisão de um ensaio experimental. Segundo Fonseca e Martins (1996), esse coeficiente deve ser considerado baixo quando apresenta índice inferior a 10%; médio quando de 10 a 20%; alto quando maior que 20 e menor ou igual a 30% e; muito alto quando superiores a 30%. Diante disso, observou-se na Tabela 2 que o coeficiente de variação para a característica PMS foi classificado como alto no ano 3, atingindo um patamar de 26,73% e muito alto nos anos 1, 2, 4, 5 e 6 com índices de 36,20; 38,58; 33,93; 34,37 e 36,64%, respectivamente.

Um baixo coeficiente de variação experimental indica que há maior participação da variação genética na variação fenotípica, fator este, favorável durante o processo de seleção dos melhores genótipos, pois se estará selecionando com base na proporção herdável da variância fenotípica. Entretanto, tal classificação deve levar em consideração outros fatores como as condições edafoclimáticas do local, o ciclo reprodutivo e particularidades da cultura estudada, e ainda, a natureza do caráter avaliado. (Scapim et al., 2010; Costa et al., 2002). Dessa forma, os resultados acima expostos indicam uma elevada influência de efeitos ambientais sobre a característica (PMS). O fato de esta característica ser poligênica, muito influenciada pelo ambiente, somado à forma com que foi estimada neste trabalho, isto é, a partir de três variáveis distintas: peso fresco da parcela (PFP), ASA (amostra seca aos 65°C) e ASE (amostra seca a 105°C), pode afirmar que os coeficientes encontrados são aceitáveis. (Silva, 2011).

Observou-se que os coeficientes de variação experimental nos seis períodos de avaliação concordaram com os resultados que, frequentemente, são encontrados em pesquisas com a cultura. (Oliveira et al., 2014; Rossi et al., 2014; Rocha et al., 2015; Menezes et al., 2016).

A estimativa e a significância do quadrado médio da análise de variância conjunta, assim como a média, coeficiente de variação experimental (CV%) e os valores da razão entre o maior e menor quadrado médio do resíduo ( $QMR^+/QMR^-$ ) para as características PMS de 83 genótipos de capim-elefante, avaliados em seis cortes anuais, encontram-se na Tabela 3.



Tabela 3. Análise de variância conjunta e significância para o quadrado médio para produção de matéria seca (PMS), média e coeficiente de variação experimental, em 83 genótipos de capim-elefante para fins energéticos. Campos dos Goytacazes, RJ, 2018.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>PMS</b>
Blocos	1	21,26
Genótipos (G)	82	433,76**
Erro A	82	184,51
Cortes (C)	5	14896,19**
Erro B	5	444,37
G x C	410	118,03**
Erro C	410	86,84
Média		27,05
QMR <sup>+</sup> /QMR <sup>-</sup>		6,83

\*\* significativos a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Os valores dos quadrados médios do resíduo (QMR) obtidos nas análises de variância individuais referentes a PMS (Tabela 2) resultaram em uma relação entre o maior e o menor quadrado médio residual igual a 6,83, o que indica relativa homogeneidade de variâncias, permitindo a utilização de todos os cortes avaliados na análise de variância conjunta. (Tabela 3).

Observou-se que os efeitos de genótipos, cortes e interação genótipo x ambientes (cortes) foram significativos ( $P < 0,01$ ) para a característica estudada. (Tabela 3). Com isso, o efeito significativo da interação genótipos por ambientes (G x A) aponta desempenho inconsistente dos genótipos, mediante as variações ambientais, ou seja, resposta diferencial dos genótipos aos ambientes e assim, torna justificável o estudo da adaptabilidade e da estabilidade fenotípica, visando à identificação dos genótipos mais estáveis e produtivos.

Segundo Oliveira et al. (2011), a ocorrência de interação G x A, indica uma heterogeneidade de condições ambientais. Logo, o resultado acima exposto pode ser explicado pelo comportamento não coincidente dos genótipos nos diferentes ambientes. Tal fato deve-se às diferenças climáticas existentes entre os diferentes períodos de avaliação (ambientes), como, por exemplo, períodos de maior e menor precipitação. (Figura 1).

## 5.2. Decomposição da interação GxA

A análise da natureza da interação genótipos x cortes anuais para característica PMS é apresentada na Tabela 4. Ressalta-se que das 15 comparações realizadas, entre os seis cortes realizados, 13 foram do tipo complexa, ou seja, apresentaram estimativas acima de 50%. Além dessas, outras duas comparações apresentaram valores bem próximos de 50%, 47,67% para a comparação 1x3 e 49,13% para a 2x3. Logo, esses resultados expõem a ausência de correlação das respostas dos genótipos frente às variações ambientais. (Tabela 4). Souza (2017) avaliando 73 genótipos de capim-elefante em nove cortes semestrais de avaliação nas condições edafoclimáticas do Norte Fluminense – RJ, observou que, assim como nesse experimento, a natureza das interações foi em sua totalidade como do tipo complexa.

De acordo com Ramalho et al. (2012), a interação do tipo complexa revela a inconsistência da superioridade dos genótipos nos ambientes avaliados, tornando o trabalho de seleção e recomendação mais difícil. Para atenuá-la podem ser utilizados alguns procedimentos como a identificação de genótipos específicos para cada ambiente, a realização de zoneamento ecológico e ainda, a identificação de cultivares com maior estabilidade fenotípica. Percebeu-se, portanto, que ao longo dos anos estudados, os genótipos foram fortemente influenciados pelo ambiente, principalmente por variações climáticas, destacando a irregularidade das chuvas ao longo dos anos de avaliações, tais fatos promoveram mudanças no ranqueamento dos acessos nos diferentes cortes/anos. Em consequência, procedeu-se, por meio da análise de estabilidade, a um estudo mais detalhado do desempenho dos genótipos frente a estas variações.

Tabela 4. Estimativas das interações complexas (%C), em seis cortes anuais para produção de matéria seca (PMS), em 83 genótipos de capim-elefante. Campos dos Goytacazes – RJ, 2018.

<b>Cortes</b>	<b>Interações complexas (%C)</b>
1 x 2	65,64
1 x 3	47,67
1 x 4	57,51
1 x 5	63,00
1 x 6	51,39
2 x 3	49,13
2 x 4	55,54
2 x 5	66,60
2 x 6	50,45
3 x 4	74,71
3 x 5	90,00
3 x 6	72,81
4 x 5	84,26
4 x 6	84,84
5 x 6	72,02

### 5.3. Estabilidade e Adaptabilidade via regressão linear

As estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade realizadas pelos métodos de regressão linear simples (Finlay e Wilkinson, 1963 e Eberhart e Russell, 1966) encontram-se na Tabela 5.

A produtividade de matéria seca ( $\beta_0$ ), variou de 17,13 a 41,51 t.ha<sup>-1</sup>.corte<sup>-1</sup>, nos genótipos 4 e 43, respectivamente, sendo a média geral 27,05 t.ha<sup>-1</sup>.corte<sup>-1</sup>. Constatou-se que dos 83 acessos avaliados, aproximadamente 47% (39 genótipos) apresentaram produtividade superior à média geral. (Tabela 5). Ainda com base nesta tabela, observou-se que os métodos Finlay e Wilkinson e Eberhart e Russell apresentaram os mesmos valores e significâncias para o parâmetro de adaptabilidade ( $\hat{\beta}_{1i}$ ), assim como, para as estimativas de coeficiente de determinação para todos os genótipos.

Tabela 5. Estimativas dos coeficientes de regressão ( $\hat{\beta}_{1i}$ ), desvios de regressões ( $\hat{\sigma}_{di}^2$ ) e coeficiente de determinação ( $R^2$ ), segundo os métodos de Finlay e Wilkinson e Eberhart e Russell, referente a PMS (t.ha<sup>-1</sup>.corte<sup>-1</sup>) de 83 genótipos de capim-elefante sob regime de seis cortes anuais. Campos dos Goytacazes, RJ, 2018.

G	$\beta_{0i}$	Eberhart e Russell			Finlay e Wilkinson	
		$\hat{\beta}_{1i}$	$\hat{\sigma}_{di}^2$	R <sup>2</sup> (%)	$\hat{\beta}_{1i}$	R <sup>2</sup> (%)
1	22,92	0,48 <sup>ns</sup>	-25,62 <sup>ns</sup>	59,63	0,48 <sup>ns</sup>	59,63
2	27,43	1,50 <sup>ns</sup>	3,83 <sup>ns</sup>	84,23	1,50 <sup>ns</sup>	84,23
3	32,70	0,97 <sup>ns</sup>	-18,46 <sup>ns</sup>	80,87	0,97 <sup>ns</sup>	80,87
4	17,13	0,32*	-18,04 <sup>ns</sup>	31,25	0,32*	31,25
5	23,44	0,71 <sup>ns</sup>	-30,43 <sup>ns</sup>	81,18	0,71 <sup>ns</sup>	81,18
6	19,39	0,80 <sup>ns</sup>	27,55 <sup>ns</sup>	50,38	0,80 <sup>ns</sup>	50,38
7	31,22	1,31 <sup>ns</sup>	-15,09 <sup>ns</sup>	87,20	1,31 <sup>ns</sup>	87,20
8	17,34	0,27*	-36,96 <sup>ns</sup>	56,08	0,27*	56,08
9	22,63	0,59 <sup>ns</sup>	-29,67 <sup>ns</sup>	73,64	0,59 <sup>ns</sup>	73,64
10	24,71	0,71 <sup>ns</sup>	-26,49 <sup>ns</sup>	76,77	0,71 <sup>ns</sup>	76,77
11	29,49	1,94**	-20,09 <sup>ns</sup>	94,77	1,94**	94,77
12	23,71	0,25*	13,88 <sup>ns</sup>	11,24	0,25*	11,24
13	23,58	0,41 <sup>ns</sup>	-15,43 <sup>ns</sup>	40,26	0,41 <sup>ns</sup>	40,26
14	21,25	0,78 <sup>ns</sup>	-34,47 <sup>ns</sup>	88,38	0,78 <sup>ns</sup>	88,38
15	30,99	1,11 <sup>ns</sup>	-6,78 <sup>ns</sup>	79,05	1,11 <sup>ns</sup>	79,05
16	21,83	0,83 <sup>ns</sup>	-3,43 <sup>ns</sup>	65,74	0,83 <sup>ns</sup>	65,74
17	25,08	0,63 <sup>ns</sup>	-23,64 <sup>ns</sup>	69,20	0,63 <sup>ns</sup>	69,20
18	26,21	0,85 <sup>ns</sup>	-22,79 <sup>ns</sup>	79,82	0,85 <sup>ns</sup>	79,82
19	28,46	0,73 <sup>ns</sup>	46,94 <sup>ns</sup>	39,95	0,73 <sup>ns</sup>	39,95
20	24,61	0,65 <sup>ns</sup>	23,27 <sup>ns</sup>	41,75	0,65 <sup>ns</sup>	41,75
21	26,90	0,73 <sup>ns</sup>	-9,21 <sup>ns</sup>	63,30	0,73 <sup>ns</sup>	63,30
22	36,76	1,47 <sup>ns</sup>	-34,01 <sup>ns</sup>	96,27	1,47 <sup>ns</sup>	96,27
23	28,18	1,94**	-17,07 <sup>ns</sup>	94,13	1,94**	94,13
24	19,94	0,41 <sup>ns</sup>	-36,11 <sup>ns</sup>	71,74	0,41 <sup>ns</sup>	71,74
25	28,41	1,52 <sup>ns</sup>	29,90 <sup>ns</sup>	77,94	1,52 <sup>ns</sup>	77,94
26	20,75	0,85 <sup>ns</sup>	-39,93 <sup>ns</sup>	95,85	0,85 <sup>ns</sup>	95,85
27	27,83	0,78 <sup>ns</sup>	19,16 <sup>ns</sup>	51,91	0,78 <sup>ns</sup>	51,91
28	38,11	0,99 <sup>ns</sup>	84,47*	45,99	0,99 <sup>ns</sup>	45,99
29	29,68	1,62*	-8,23 <sup>ns</sup>	89,38	1,62*	89,38
30	29,14	1,72*	4,34 <sup>ns</sup>	87,37	1,72*	87,37
31	21,06	0,61 <sup>ns</sup>	-38,46 <sup>ns</sup>	89,36	0,61 <sup>ns</sup>	89,36
32	31,00	1,36 <sup>ns</sup>	-32,19 <sup>ns</sup>	94,88	1,36 <sup>ns</sup>	94,88
33	36,33	1,94**	19,59 <sup>ns</sup>	86,98	1,94**	86,98
34	30,95	1,40 <sup>ns</sup>	23,93 <sup>ns</sup>	76,63	1,40 <sup>ns</sup>	76,63
35	29,09	1,04 <sup>ns</sup>	24,54 <sup>ns</sup>	64,10	1,04 <sup>ns</sup>	64,10
36	30,75	1,66*	-34,88 <sup>ns</sup>	97,33	1,66*	97,33
37	26,86	1,46 <sup>ns</sup>	-31,37 <sup>ns</sup>	95,23	1,46 <sup>ns</sup>	95,23
38	41,19	1,82**	53,49 <sup>ns</sup>	79,29	1,82**	79,29
39	41,51	1,83**	59,74 <sup>ns</sup>	78,45	1,83**	78,45
40	23,87	1,08 <sup>ns</sup>	-15,62 <sup>ns</sup>	82,60	1,08 <sup>ns</sup>	82,60

\*\* , \* , ns: significativo (P<0,01), significativo (P<0,05) e não significativo, respectivamente.

Tabela 5. cont...

G	Eberhart e Russel				Finlay e Wilkinson	
	$\beta_{0i}$	$\hat{\beta}_{1i}$	$\hat{\sigma}_{di}^2$	R <sup>2</sup> (%)	$\hat{\beta}_{1i}$	R <sup>2</sup> (%)
41	38,32	2,09**	-10,51 <sup>ns</sup>	93,72	2,09**	93,72
42	26,76	1,05 <sup>ns</sup>	29,01 <sup>ns</sup>	63,11	1,05 <sup>ns</sup>	63,11
43	41,51	2,10**	-29,71 <sup>ns</sup>	97,30	2,10**	97,30
44	22,06	0,83 <sup>ns</sup>	25,86 <sup>ns</sup>	53,01	0,83 <sup>ns</sup>	53,01
45	29,43	1,51 <sup>ns</sup>	-23,46 <sup>ns</sup>	92,72	1,51 <sup>ns</sup>	92,72
46	23,41	0,38*	-26,58 <sup>ns</sup>	48,47	0,38*	48,47
47	38,09	1,42 <sup>ns</sup>	68,79*	66,70	1,42 <sup>ns</sup>	66,70
48	35,60	0,87 <sup>ns</sup>	11,07 <sup>ns</sup>	61,06	0,87 <sup>ns</sup>	61,06
49	27,79	0,75 <sup>ns</sup>	59,02 <sup>ns</sup>	37,83	0,75 <sup>ns</sup>	37,83
50	32,49	0,61 <sup>ns</sup>	68,14*	27,06	0,61 <sup>ns</sup>	27,06
51	20,67	0,61 <sup>ns</sup>	-34,23 <sup>ns</sup>	81,93	0,61 <sup>ns</sup>	81,93
52	35,22	0,79 <sup>ns</sup>	-15,28 <sup>ns</sup>	71,40	0,79 <sup>ns</sup>	71,40
53	29,15	1,18 <sup>ns</sup>	-17,41 <sup>ns</sup>	85,66	1,18 <sup>ns</sup>	85,66
54	27,44	1,41 <sup>ns</sup>	31,20 <sup>ns</sup>	74,87	1,41 <sup>ns</sup>	74,87
55	24,97	0,68 <sup>ns</sup>	38,13 <sup>ns</sup>	39,13	0,68 <sup>ns</sup>	39,13
56	25,10	0,70 <sup>ns</sup>	-27,69 <sup>ns</sup>	77,78	0,70 <sup>ns</sup>	77,78
57	22,69	0,06**	10,02 <sup>ns</sup>	0,84	0,06**	0,84
58	33,55	1,85**	22,84 <sup>ns</sup>	85,24	1,85**	85,24
59	28,38	1,16 <sup>ns</sup>	19,98 <sup>ns</sup>	70,37	1,16 <sup>ns</sup>	70,37
60	27,91	1,65*	0,94 <sup>ns</sup>	87,25	1,65*	87,25
61	25,86	0,99 <sup>ns</sup>	54,81 <sup>ns</sup>	53,04	0,99 <sup>ns</sup>	53,04
62	31,06	1,14 <sup>ns</sup>	-26,00 <sup>ns</sup>	89,37	1,14 <sup>ns</sup>	89,37
63	20,01	0,50 <sup>ns</sup>	-20,79 <sup>ns</sup>	55,65	0,50 <sup>ns</sup>	55,65
64	22,22	0,71 <sup>ns</sup>	-39,74 <sup>ns</sup>	93,86	0,71 <sup>ns</sup>	93,86
65	26,54	1,24 <sup>ns</sup>	-6,02 <sup>ns</sup>	82,23	1,24 <sup>ns</sup>	82,23
66	28,38	1,31 <sup>ns</sup>	-40,81 <sup>ns</sup>	98,67	1,31 <sup>ns</sup>	98,67
67	40,15	2,39**	-18,69 <sup>ns</sup>	96,27	2,39**	96,27
68	20,89	0,70 <sup>ns</sup>	-27,49 <sup>ns</sup>	77,31	0,70 <sup>ns</sup>	77,31
69	34,39	1,19 <sup>ns</sup>	20,81 <sup>ns</sup>	71,29	1,19 <sup>ns</sup>	71,29
70	20,56	-0,42**	-21,05 <sup>ns</sup>	47,34	-0,42**	47,34
71	27,88	1,59 <sup>ns</sup>	-6,59 <sup>ns</sup>	88,52	1,59 <sup>ns</sup>	88,52
72	20,91	0,78 <sup>ns</sup>	-27,76 <sup>ns</sup>	81,40	0,78 <sup>ns</sup>	81,40
73	21,25	0,71 <sup>ns</sup>	-30,23 <sup>ns</sup>	81,19	0,71 <sup>ns</sup>	81,19
74	24,53	0,87 <sup>ns</sup>	-20,45 <sup>ns</sup>	78,66	0,87 <sup>ns</sup>	78,66
75	22,07	1,21 <sup>ns</sup>	-35,91 <sup>ns</sup>	95,63	1,21 <sup>ns</sup>	95,63
76	20,51	0,86 <sup>ns</sup>	-20,22 <sup>ns</sup>	78,09	0,86 <sup>ns</sup>	78,09
77	23,46	-0,02**	9,44 <sup>ns</sup>	0,06	-0,02**	0,06
78	21,25	0,32*	16,01 <sup>ns</sup>	16,51	0,32*	16,51
79	27,50	1,27 <sup>ns</sup>	39,54 <sup>ns</sup>	68,59	1,27 <sup>ns</sup>	68,59
80	25,66	0,86 <sup>ns</sup>	-31,79 <sup>ns</sup>	87,64	0,86 <sup>ns</sup>	87,64
81	17,40	0,06**	-36,31 <sup>ns</sup>	5,65	0,06**	5,65
82	19,89	0,70 <sup>ns</sup>	-39,54 <sup>ns</sup>	93,35	0,70 <sup>ns</sup>	93,35
83	19,85	0,27*	-25,63 <sup>ns</sup>	31,66	0,27*	31,66

\*\*, \*, ns: significativo (P&lt;0,01), significativo (P&lt;0,05) e não significativo, respectivamente.

Verificou-se que dos 39 clones selecionados como de melhor adaptação ( $\beta_{0i} >$  média geral), 26 exibiram coeficientes de regressão estatisticamente iguais a um ( $\hat{\beta}_{1i} = 1$ ), indicando que estes apresentaram adaptabilidade ampla ou geral nas diferentes condições ambientais encontradas ao longo dos cortes realizados, ou seja, que tais genótipos mantiveram a sua produtividade em torno da média geral tanto em condições ambientais favoráveis quanto em desfavoráveis. (Tabela 5).

Observou-se que os genótipos 11, 23, 29, 30, 33, 36, 38, 39, 41, 43, 58, 60 e 67 exibiram  $\hat{\beta}_{1i}$  estatisticamente superior à unidade ( $\hat{\beta}_{1i} > 1$ ), o que sugere que esses possuem grande capacidade de explorar vantajosamente a melhoria do ambiente, aumentando assim sua produtividade média. Neste sentido, a utilização destes genótipos deve ser criteriosa, posto que, em ambientes desfavoráveis, ou seja, em regiões envolvendo baixo nível tecnológico e/ou sujeitas às variações edafoclimáticas, podem ter seus rendimentos reduzidos. Contrapondo com esse resultado, os genótipos 4, 8, 12, 46, 57, 70, 77, 78, 81 e 83 apresentaram valor de  $\hat{\beta}_{1i}$  significativamente inferior a um, e, portanto, podem ser considerados genótipos com adaptação a ambientes desfavoráveis por apresentarem baixa capacidade de responder à melhoria nas condições ambientais. (Tabela 5).

Diante do exposto, considerando que os genótipos selecionados serão explorados tanto em cortes realizados em condições ambientais favoráveis quanto em desfavoráveis, não há interesse em recomendar genótipos que apresentaram  $\hat{\beta}_{1i} > 1$  ou  $\hat{\beta}_{1i} < 1$ . Dessa forma, dos 83 genótipos avaliados, levando em consideração apenas a variável  $\hat{\beta}_{1i}$ , cerca de 72,29% destes (60 genótipos) apresentaram índice igual a 1 e foram caracterizados como de ampla adaptabilidade.

De acordo com os dados da Tabela 5 e a condição acima imposta, concluiu-se que dos 83 genótipos analisados, 13 clones (11, 23, 29, 30, 33, 36, 38, 39, 41, 43, 58, 60 e 67) exibiram  $\hat{\beta}_{1i}$  maior que 1, ou seja, baixa estabilidade de desempenho. Em contraponto, os genótipos 4, 8, 12, 46, 57, 70, 77, 78, 81 e 83 apresentaram valor de  $\hat{\beta}_{1i}$  significativamente inferior a um, e portanto, apresentaram alta estabilidade. Observou-se ainda que, aproximadamente 72,29% (60 genótipos) apresentaram  $\hat{\beta}_{1i}=1$ , ou seja, possuem estabilidade média de desempenho, no entanto, segundo este mesmo parâmetro, podem ser classificados como responsivos a condições favoráveis e desfavoráveis (adaptabilidade geral). Segundo Souza Sobrinho et al. (2005), para selecionar os

genótipos elite de capim-elefante, deve-se ter em mente que por ser uma cultura perene é mais interessante que os materiais selecionados apresentem não só uma elevada produtividade, mas também um desempenho estável ao longo das colheitas.

De acordo com o método proposto por Finlay e Wilkinson (1963), dentre os acessos avaliados, os genótipos 2, 3, 7, 15, 19, 22, 25, 27, 28, 32, 34, 35, 45, 47, 48, 49, 50, 52, 53, 54, 59, 62, 66, 69, 71 e 79 foram considerados como acessos ideais, ou seja, aqueles que apresentam média ( $\beta_{oi}$ ) elevada e coeficiente ( $\beta_{1i}$ ) igual a 1.

Com relação ao parâmetro que classifica a estabilidade no método de Eberhart e Russel (1966), o desvio de regressão ( $\hat{\sigma}_{di}^2$ ), notou-se que de todos os genótipos avaliados, aproximadamente 96% apresentaram desvios não significativos ( $\hat{\sigma}_{di}^2 = 0$ ), demonstrando que a maioria destes apresenta alta estabilidade de desempenho, ou seja, não variaram sua produtividade média ao longo dos cortes realizados, sendo pouco influenciados pelas condições ambientais. Entretanto, os genótipos 28, 47 e 50 apresentaram desvio de regressão significativos ( $\hat{\sigma}_{di}^2 \neq 0$ ) e, portanto, apresentaram desempenho imprevisível ao longo dos cortes. Segundo Miranda et al. (1998), possivelmente a discrepância encontrada para o parâmetro estabilidade, entre os dois métodos, ocorreu em função da transformação logarítmica dos dados na metodologia de Finlay e Wilkinson (1963) que, induz a um alto grau de linearidade nas regressões da produtividade individual sobre o índice de ambiente e também a um razoável grau de homogeneidade no erro experimental.

Quanto às estimativas dos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) nos métodos de Finlay e Wilkinson (1963) e Eberhart e Russell (1966), medida esta, auxiliar de comparação entre genótipos e que reflete o grau de ajuste do modelo aos rendimentos observados para cada um dos genótipos avaliados, observou-se que do total de genótipos avaliados, 37 apresentaram  $R^2 > 80\%$ , porcentagem essa que é considerada por Cruz et al. (2012) como referencial para que a regressão explique de maneira satisfatória o desempenho de um genótipo em função do ambiente. (Tabela 5). Segundo Santos et al. (2015), esse limite representa uma baixa dispersão dos dados, indicando alta confiabilidade no tipo de resposta ambiental determinado pelas regressões. Portanto, de acordo com a Tabela 5, a regressão pode não estar explicando satisfatoriamente aproximadamente 55% das respostas dos genótipos nos cortes avaliados no presente estudo.

O genótipo ideal, segundo Eberhart e Russell (1966), é aquele que apresenta alta produtividade ( $\beta_0 >$  media geral), coeficiente de regressão igual à unidade ( $\hat{\beta}_{1i} = 1$ ) (adaptabilidade geral) e desvio de regressão igual a zero ( $\hat{\sigma}_{di}^2 = 0$ ) (estabilidade alta). Nesse sentido, pode-se observar que 23 materiais apresentaram essas três condições simultaneamente, sendo estes os genótipos 2, 3, 7, 15, 19, 22, 25, 27, 32, 34, 35, 45, 48, 49, 52, 53, 54, 59, 62, 66, 69, 71 e 79.

No entanto, é importante explicitar que a recomendação de genótipos para ambientes desfavoráveis não deve ser considerada de pouca importância, uma vez que é por meio dela que pequenos produtores, por utilizar menos tecnologia no seu cultivo, podem se beneficiar.

As médias gerais para a característica PMS em cada corte de avaliação com seus respectivos índices ambientais, encontram-se na Tabela 6.

Tabela 6. Médias gerais e índices ambientais, referente à produtividade de matéria seca (PMS), em ton.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, de 83 genótipos de capim-elefante obtidos em seis cortes anuais. Campos dos Goytacazes, RJ, 2018.

<b>Cortes</b>	<b>Média</b>	<b>Índice Ambiental</b>	<b>Classificação</b>
1	35,25	8,20	Favorável
2	41,90	14,85	Favorável
3	23,59	-3,46	Desfavorável
4	23,09	-3,96	Desfavorável
5	21,59	-5,46	Desfavorável
6	16,88	-10,17	Desfavorável
<b>Média</b>	27,05		

Com base nos índices ambientais para a PMS, apresentados na Tabela 6, foi possível verificar que os cortes que resultaram em média superior à média geral são classificados como favoráveis, índice positivo, enquanto aqueles com média inferior à média geral como desfavoráveis, índice negativo.

A variação da produtividade observada entre os cortes evidencia a instabilidade nas condições climáticas ao longo dos períodos de avaliação, sendo que desse total, apenas os cortes 1 e 2 foram classificados como favoráveis ao desenvolvimento dos genótipos, ou seja, estes aproveitaram as condições ambientais e apresentaram um desempenho médio satisfatório, fato este confirmado pelos índices ambientais positivos. Em contraponto, os cortes 3, 4, 5 e 6 foram classificados como ambientes desfavoráveis, tal fato, provavelmente se



manifestou devido a oscilações quanto a intensidade e distribuição de precipitação no local de estudo. (Figura 1).

Os valores das estimativas de adaptabilidade e estabilidade da produção de matéria seca (PMS) obtidos em 83 genótipos de capim-elefante em função de seis cortes de anuais segundo o modelo de Cruz et al. (1989) encontram-se na Tabela 7.

Verificou-se por meio das estimativas que avaliam o desempenho dos genótipos em condições desfavoráveis ( $\hat{\beta}_{1i}$ ) que os clones 11, 23, 33, 38, 39, 41, 43, 58, 60, 67 e 71 apresentaram  $\hat{\beta}_{1i}$  significativos e maiores que um, evidenciando que estes apresentaram alta sensibilidade às condições ambientais desfavoráveis. Este resultado pode ser ratificado pelas médias encontradas para ambos os clones, uma vez que, os 11 genótipos acima descritos estão entre os mais produtivos nos ambientes favoráveis, já nos ambientes desfavoráveis estes clones apresentaram redução média de 50% em suas produtividades. Em contrapartida, os genótipos 4, 8, 12, 13, 57, 70, 77, 81 e 83 mostraram-se mais adaptados às condições de ambientes desfavoráveis ( $\hat{\beta}_{1i} < 1$ ), apesar de apresentarem, via de regra, baixa produtividade média. (Tabela 7).

Ainda de acordo com a Tabela 7, quanto à resposta linear dos genótipos aos ambientes favoráveis ( $\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i}$ ), observou-se que os clones 25, 58, 61 e 79 apresentaram resultados significativamente maiores que uma unidade, além disso, apresentam a média para PMS superior à geral ( $\hat{\beta}_{0i} >$  média geral), sendo assim, podem ser considerados adaptados a ambientes favoráveis e ainda, responsivos a melhoria ambiental. Ao contrário desse resultados, os clones 39, 44, 48, 50, 57 e 59 exibiram  $\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i} < 1$ .

De maneira geral observou-se que, os parâmetros  $\hat{\beta}_{1i}$  e  $\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i}$  não obtiveram valores significativos para a maioria dos genótipos analisados, 75,90 e 87,95%, respectivamente, informando que a maior parte dos genótipos analisados apresentou resposta linear simples, não desviando da resposta média dos cortes, ou seja, aumentam a PMS à medida que se aumenta o índice ambiental. (Tabela 7).

Tabela 7. Parâmetros de adaptabilidade e estabilidade segundo o método de Cruz et al. (1989) para a produtividade de matéria seca em (t·ha<sup>-1</sup>·corte) de 83 genótipos de capim-elefante em seis cortes anuais. Campos dos Goytacazes, RJ, 2018.

G	$\hat{\beta}_{0i}$	MD	MF	$\hat{\beta}_{1i}^{(1)}$	$\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i}^{(2)}$	QM <sub>desv</sub>	R <sup>2</sup> (%)
1	22,92	20,34	28,08	0,52 <sup>ns</sup>	-0,18 <sup>ns</sup>	40,64 <sup>ns</sup>	65,44
2	27,43	19,01	44,25	1,40 <sup>ns</sup>	3,51 <sup>ns</sup>	63,11 <sup>ns</sup>	92,10
3	32,70	27,64	42,83	0,91 <sup>ns</sup>	2,06 <sup>ns</sup>	48,08 <sup>ns</sup>	86,18
4	17,13	15,36	20,66	0,23 <sup>*</sup>	2,02 <sup>ns</sup>	23,12 <sup>ns</sup>	76,51
5	23,44	19,54	31,25	0,73 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	32,66 <sup>ns</sup>	82,26
6	19,39	15,31	27,56	0,70 <sup>ns</sup>	2,80 <sup>ns</sup>	127,20 <sup>ns</sup>	66,65
7	31,22	24,47	44,72	1,20 <sup>ns</sup>	3,40 <sup>ns</sup>	8,21 <sup>ns</sup>	98,61
8	17,34	16,16	19,70	0,25 <sup>*</sup>	0,74 <sup>ns</sup>	13,75 <sup>ns</sup>	64,91
9	22,63	19,30	29,28	0,58 <sup>ns</sup>	0,73 <sup>ns</sup>	36,35 <sup>ns</sup>	73,86
10	24,71	20,97	32,18	0,66 <sup>ns</sup>	1,54 <sup>ns</sup>	34,30 <sup>ns</sup>	82,35
11	29,49	18,86	50,76	1,89 <sup>**</sup>	2,93 <sup>ns</sup>	47,08 <sup>ns</sup>	96,04
12	23,71	22,99	25,16	0,13 <sup>**</sup>	2,60 <sup>ns</sup>	67,63 <sup>ns</sup>	60,72
13	23,58	22,14	26,46	0,33 <sup>*</sup>	2,05 <sup>ns</sup>	32,95 <sup>ns</sup>	73,63
14	21,25	16,77	30,21	0,73 <sup>ns</sup>	1,70 <sup>ns</sup>	10,67 <sup>ns</sup>	94,80
15	30,99	24,49	43,99	1,05 <sup>ns</sup>	2,30 <sup>ns</sup>	75,90 <sup>ns</sup>	83,73
16	21,83	17,78	29,92	0,70 <sup>ns</sup>	3,25 <sup>ns</sup>	15,89 <sup>ns</sup>	94,89
17	25,08	21,49	32,25	0,60 <sup>ns</sup>	1,27 <sup>ns</sup>	46,31 <sup>ns</sup>	72,95
18	26,21	22,10	34,44	0,79 <sup>ns</sup>	2,09 <sup>ns</sup>	31,42 <sup>ns</sup>	88,47
19	28,46	25,48	34,43	0,66 <sup>ns</sup>	2,15 <sup>ns</sup>	209,87 <sup>ns</sup>	47,70
20	24,61	21,68	30,47	0,54 <sup>ns</sup>	2,91 <sup>ns</sup>	98,70 <sup>ns</sup>	67,67
21	26,90	23,65	33,39	0,62 <sup>ns</sup>	2,82 <sup>ns</sup>	23,48 <sup>ns</sup>	90,55
22	36,76	28,57	53,15	1,46 <sup>ns</sup>	1,68 <sup>ns</sup>	24,40 <sup>ns</sup>	96,37
23	28,18	16,33	51,87	2,00 <sup>**</sup>	0,90 <sup>ns</sup>	53,51 <sup>ns</sup>	95,53
24	19,94	17,62	24,58	0,42 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	19,09 <sup>ns</sup>	72,33
25	28,41	20,75	43,71	1,37 <sup>ns</sup>	4,41 <sup>*</sup>	65,95 <sup>ns</sup>	92,56
26	20,75	16,07	30,11	0,81 <sup>ns</sup>	1,58 <sup>ns</sup>	1,03 <sup>ns</sup>	99,54
27	27,83	22,77	37,94	0,87 <sup>ns</sup>	-0,96 <sup>ns</sup>	119,98 <sup>ns</sup>	65,43
28	38,11	31,11	52,12	1,11 <sup>ns</sup>	-1,46 <sup>ns</sup>	248,66 <sup>*</sup>	60,62
29	29,68	20,37	48,30	1,53 <sup>ns</sup>	3,42 <sup>ns</sup>	43,81 <sup>ns</sup>	95,04
30	29,14	19,42	48,58	1,61 <sup>ns</sup>	3,69 <sup>ns</sup>	67,21 <sup>ns</sup>	93,33
31	21,06	17,90	27,39	0,58 <sup>ns</sup>	1,22 <sup>ns</sup>	7,49 <sup>ns</sup>	93,98
32	31,00	22,89	47,22	1,39 <sup>ns</sup>	0,85 <sup>ns</sup>	25,81 <sup>ns</sup>	95,59
33	36,33	23,86	61,26	2,08 <sup>**</sup>	-0,81 <sup>ns</sup>	50,84 <sup>ns</sup>	96,06
34	30,95	21,91	49,02	1,51 <sup>ns</sup>	-0,58 <sup>ns</sup>	118,89 <sup>ns</sup>	84,53
35	29,09	22,32	42,62	1,16 <sup>ns</sup>	-1,29 <sup>ns</sup>	97,15 <sup>ns</sup>	80,75
36	30,75	21,40	49,44	1,62 <sup>ns</sup>	2,56 <sup>ns</sup>	10,25 <sup>ns</sup>	98,80
37	26,86	18,17	44,23	1,46 <sup>ns</sup>	1,53 <sup>ns</sup>	32,05 <sup>ns</sup>	95,24
38	41,19	30,64	62,30	1,95 <sup>**</sup>	-0,83 <sup>ns</sup>	149,85 <sup>ns</sup>	87,98
39	41,51	30,49	63,56	2,02 <sup>**</sup>	-1,81 <sup>*</sup>	69,60 <sup>ns</sup>	94,55
40	23,87	17,19	37,23	1,17 <sup>ns</sup>	-0,63 <sup>ns</sup>	28,62 <sup>ns</sup>	93,28
41	38,32	25,35	64,27	2,21 <sup>**</sup>	-0,16 <sup>ns</sup>	8,92 <sup>ns</sup>	99,36
42	26,76	19,71	40,87	1,15	-0,86	136,43 <sup>ns</sup>	73,94

$\hat{\beta}_{0i}$ : média geral; MD: média em ambientes desfavoráveis; MF: média em ambientes favoráveis; (1) H0:  $\hat{\beta}_1 = 1$ ; (2) H0:  $\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 = 1$ ; ns, \*\*, \*: não significativo e significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo teste t.

Tabela 7. cont...

G	$\hat{\beta}_{0i}$	MD	MF	$\hat{\beta}_{1i}^{(1)}$	$\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i}^{(2)}$	QM <sub>desv</sub>	R <sup>2</sup> (%)
43	41,51	28,90	66,73	2,17**	0,78	9,55 <sup>ns</sup>	99,29
44	22,06	16,22	33,73	1,00	-2,43*	19,15 <sup>ns</sup>	95,13
45	29,43	21,23	45,82	1,42 <sup>ns</sup>	3,13 <sup>ns</sup>	12,24 <sup>ns</sup>	98,33
46	23,41	20,80	28,63	0,44 <sup>ns</sup>	-0,79 <sup>ns</sup>	23,80 <sup>ns</sup>	72,68
47	38,09	29,57	55,12	1,38 <sup>ns</sup>	2,08 <sup>ns</sup>	292,33*	67,47
48	35,60	29,62	47,55	1,01 <sup>ns</sup>	-1,77*	36,73 <sup>ns</sup>	90,16
49	27,79	25,08	33,21	0,61 <sup>ns</sup>	3,37 <sup>ns</sup>	166,00 <sup>ns</sup>	62,22
50	32,49	27,83	41,82	0,83 <sup>ns</sup>	-3,65**	17,09 <sup>ns</sup>	95,81
51	20,67	17,02	27,97	0,66 <sup>ns</sup>	-0,27 <sup>ns</sup>	12,60 <sup>ns</sup>	90,71
52	35,22	31,37	42,92	0,69 <sup>ns</sup>	2,66 <sup>ns</sup>	20,92 <sup>ns</sup>	92,02
53	29,15	22,72	42,02	1,16 <sup>ns</sup>	1,56 <sup>ns</sup>	67,08 <sup>ns</sup>	86,13
54	27,44	19,22	43,87	1,54 <sup>ns</sup>	-1,15 <sup>ns</sup>	97,34 <sup>ns</sup>	87,71
55	24,97	21,43	32,06	0,79 <sup>ns</sup>	-1,38 <sup>ns</sup>	151,35 <sup>ns</sup>	57,64
56	25,10	21,52	32,24	0,62 <sup>ns</sup>	2,29 <sup>ns</sup>	2,86 <sup>ns</sup>	98,48
57	22,69	22,07	23,95	0,20*	-2,54*	37,19 <sup>ns</sup>	74,12
58	33,55	23,65	53,36	1,72*	4,30*	83,24 <sup>ns</sup>	93,04
59	28,38	20,42	44,28	1,32 <sup>ns</sup>	-2,00*	14,49 <sup>ns</sup>	97,46
60	27,91	17,34	49,04	1,74*	-0,19 <sup>ns</sup>	66,35 <sup>ns</sup>	92,85
61	25,86	20,82	35,93	0,80 <sup>ns</sup>	4,78**	40,29 <sup>ns</sup>	92,78
62	31,06	24,10	44,97	1,22 <sup>ns</sup>	-0,38 <sup>ns</sup>	10,57 <sup>ns</sup>	97,58
63	20,01	16,81	26,41	0,46 <sup>ns</sup>	1,25 <sup>ns</sup>	51,80 <sup>ns</sup>	61,93
64	22,22	18,15	30,36	0,68	1,27 <sup>ns</sup>	4,94 <sup>ns</sup>	96,91
65	26,54	18,33	42,96	1,35 <sup>ns</sup>	-0,79 <sup>ns</sup>	35,46 <sup>ns</sup>	93,68
66	28,38	20,81	43,53	1,29 <sup>ns</sup>	1,75 <sup>ns</sup>	4,00 <sup>ns</sup>	99,24
67	40,15	26,79	66,89	2,34*	3,35 <sup>ns</sup>	51,66 <sup>ns</sup>	97,08
68	20,89	16,15	30,39	0,76 <sup>ns</sup>	-0,49 <sup>ns</sup>	20,51 <sup>ns</sup>	89,04
69	34,39	28,48	46,21	1,16 <sup>ns</sup>	1,76 <sup>ns</sup>	166,26 <sup>ns</sup>	72,13
70	20,56	22,72	16,23	-0,37**	-1,43 <sup>ns</sup>	43,99 <sup>ns</sup>	61,15
71	27,88	18,23	47,18	1,62*	0,95 <sup>ns</sup>	91,86 <sup>ns</sup>	89,26
72	20,91	15,85	31,03	0,83 <sup>ns</sup>	-0,11 <sup>ns</sup>	29,35 <sup>ns</sup>	86,92
73	21,25	17,28	29,19	0,72 <sup>ns</sup>	0,65 <sup>ns</sup>	35,11 <sup>ns</sup>	81,22
74	24,53	19,59	34,39	0,83 <sup>ns</sup>	1,60 <sup>ns</sup>	52,94 <sup>ns</sup>	81,56
75	22,07	15,39	35,44	1,17 <sup>ns</sup>	1,95 <sup>ns</sup>	11,50 <sup>ns</sup>	97,49
76	20,51	15,89	29,74	0,77 <sup>ns</sup>	2,59 <sup>ns</sup>	15,62 <sup>ns</sup>	94,47
77	23,46	24,31	21,75	-0,12**	2,06 <sup>ns</sup>	74,06 <sup>ns</sup>	47,49
78	21,25	19,26	25,22	0,42 <sup>ns</sup>	-1,63 <sup>ns</sup>	99,56 <sup>ns</sup>	47,54
79	27,50	20,88	40,73	1,12 <sup>ns</sup>	4,24*	84,97 <sup>ns</sup>	87,94
80	25,66	20,36	36,26	0,86 <sup>ns</sup>	0,88 <sup>ns</sup>	31,01 <sup>ns</sup>	87,64
81	17,40	16,95	18,29	0,06**	0,18 <sup>ns</sup>	18,75 <sup>ns</sup>	6,70
82	19,89	15,60	28,46	0,72 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	8,21 <sup>ns</sup>	94,72
83	19,85	17,73	24,08	0,36*	-1,47 <sup>ns</sup>	0,58 <sup>ns</sup>	99,16
<b>Média</b>	27,05	21,29	38,57				

$\hat{\beta}_{0i}$ : média geral; MD: média em ambientes desfavoráveis; MF: média em ambientes favoráveis; (1) H0:  $\hat{\beta}_1 = 1$ ; (2) H0:  $\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 = 1$ ; ns, \*\*, \*: não significativo e significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo teste t.

Segundo Garbuglio et al. (2007), a significância dos quadrados médios dos desvios não deve ser o único fator a ser levado em consideração quando se estuda a estabilidade, sendo oportuno considerar os clones de alta produtividade mesmo que esses apresentem instabilidade de desempenho.

De forma similar do ocorrido nas metodologias de Finlay e Wilkinson (1963) e Eberhart e Russell (1966), com relação à estabilidade, poucos genótipos segundo o método de Cruz et al. (1989) apresentaram quadrados médios dos desvios significativos, demonstrando que, de forma geral, apresentaram desempenho previsível frente às mudanças ambientais. Com relação a esse parâmetro (QMdesv), notou-se que de todos os genótipos avaliados, aproximadamente 97,59% apresentaram desvios não significativos ( $\hat{\sigma}_{di}^2 = 0$ ), ou seja, alta estabilidade de desempenho. Em contraponto, os genótipos 28 e 47 apresentaram desvio de regressão significativos ( $\hat{\sigma}_{di}^2 \neq 0$ ) e, portanto, desempenho imprevisível ao longo dos cortes.

A estimativa de  $R^2$  indica a previsibilidade de resposta dos genótipos, salientando que aqueles que apresentaram estimativas de  $R^2 \geq 80\%$ , não devem ter seu grau de previsibilidade comprometido. De acordo com a Tabela 7, 21 genótipos, segundo o método de Cruz et al. (1989), apresentaram valores superiores a 80%, enquanto, apenas onze genótipos apresentaram  $R^2$  superior a 80%, nos métodos de Eberhart e Russell (1966) e Finlay e Wilkinson (1963). Tal fato evidencia um melhor ajuste nas equações de regressão diante da metodologia de regressão linear múltipla. (Cruz et al., 1989).

Observou-se, que não foi encontrado um material considerado ideal entre os 83 genótipos de capim-elefante avaliados segundo a metodologia de Cruz et al. (1989). (Tabela 11). Tal dificuldade de identificação de genótipos ideais no método exposto, segundo Miranda et al. (1998), pode ser atribuída à correlação positiva existente entre o  $\hat{\beta}_{1i}$ , e o  $\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i}$ . Dessa forma, a seleção e recomendação dos genótipos devem ocorrer de forma específica e individual levando em consideração a condição ambiental como favorável ou desfavorável. Considerando as características para a seleção de genótipos com potencial de recomendação de forma isolada, observou-se que alguns genótipos apresentaram desempenho satisfatório em uma ou mais condições.

É notório que a maior parte dos resultados encontrados por ambos os métodos é concordante, porém o método de Cruz et al. (1989) forneceu algumas

informações adicionais em relação a alguns genótipos. De acordo com o método de Eberhart e Russell (1966), os clones 46 e 78 possuem adaptabilidade a ambientes desfavoráveis, porém quando avaliados pelo método de Cruz et al. (1989) torna-se evidente que esses genótipos, na verdade, são de adaptabilidade ampla. Em contrapartida, o genótipo 13, quando avaliado pelas metodologias de regressão linear simples utilizadas, apresentou-se como de ampla adaptabilidade, no entanto, de acordo com o método de Cruz et al. (1989), tal genótipo pode ser caracterizado como de adaptação a ambientes desfavoráveis.

As análises de estabilidade e adaptabilidade pelos métodos utilizados apresentam aplicações simplificadas e permitem que os testes estatísticos identifiquem com maior precisão os genótipos que apresentam maior estabilidade e o grupo de ambientes aos quais estão mais adaptados. (Oliveira et al., 2006). Dos métodos propostos, o método de Cruz et al. (1989) apresenta informações mais aprofundadas sobre adaptabilidade, no entanto, requer o uso de um maior número de ambientes na análise de forma a permitir a separação dos ambientes em dois grupos (favorável e desfavorável), bem como a regressão com cada grupo. Então, o uso das informações dos métodos de regressão utilizados deve levar em consideração as particularidades de cada um, de forma a propiciar uma melhor tomada de decisão em relação à indicação de genótipos.

#### **5.4. Coeficiente de Correlação de Spearman**

As correlações entre a média para o carácter PMS e os diferentes métodos de estabilidade e adaptabilidade de acordo com o coeficiente de Spearman ( $r$ ) foram apresentadas na Tabela 8.

Os resultados revelaram significância estatística de 1 e 5% de probabilidade pelo teste  $t$ , denotando que, em parte, estes métodos apresentaram concordância entre si. Os métodos de Finlay e Wilkinson (1963) e Eberhart e Russel (1966) apresentaram concordância perfeita ( $r=1$ ) entre as estimativas do parâmetro de adaptabilidade, indicando a redundância entre estes dois métodos e que o uso de ambos tornou-se desnecessário para a avaliação desta característica. Observou-se ainda que, de maneira geral, houve alta concordância entre as estimativas dos parâmetros de adaptabilidade nos três métodos avaliados ( $\hat{\beta}_{1iFW} X$

$\hat{\beta}_{1iC} = 0,97$ ;  $\hat{\beta}_{1iER} \times \hat{\beta}_{1iC} = 0,97$ ;  $\hat{\beta}_{1iFW} \times \hat{\beta}_{1iER} = 1$ ) e estabilidade entre os métodos de Eberhart e Russel (1966) e Cruz et al. (1989) ( $\hat{\sigma}_{diER}^2 \times QM_{desv} = 0,74$ ). (Tabela 8).

Ainda segundo a Tabela 8, o parâmetro  $\hat{\beta}_0$  apresentou correlação positiva, significativa e superior a 70% para as características de adaptabilidade para os métodos de Finlay e Wilkinson (1963) e Eberhart e Russell (1966), apresentando índices de 0,75. Tais resultados podem inferir sobre a elevada correlação entre as metodologias analisadas, uma vez que, o parâmetro  $\hat{\beta}_0$  pode ser utilizado como um índice quanto à adaptação dos genótipos às condições ambientais e de cultivo. Observou-se ainda, que a produção média se correlacionou com os estimadores da adaptabilidade do método de Cruz et al. (1989), demonstrando que os genótipos mais produtivos tenderam a sobressair-se nos ambientes desfavoráveis e favoráveis.

A medida MD está associada à média geral e aos coeficientes lineares da regressão de todos os métodos comparados, apresentou alta correlação positiva e significativa com  $\hat{\beta}_0$  ( $r=0,80$ ), positiva com  $\hat{\beta}_{1iC}$  ( $r=0,24$ ), não se correlacionando com  $\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i}$ . Estes resultados indicam a possibilidade da utilização opcional da medida MD na identificação de genótipos adaptados a ambientes desfavoráveis. A estatística MF apresentou correlação positiva e significativa com todas as características avaliadas a níveis de 1 e 5% de significância pelo teste t. Em contrapartida, não foi correlacionado com  $\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i}$ . Estes resultados sugerem que a utilização do parâmetro MF não deve ser feita isoladamente para a identificação de genótipos adaptados a ambientes favoráveis e que este não substitui a variável  $\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i}$  na determinação da adaptabilidade genotípica, uma vez que, MF é uma medida de adaptabilidade associada à média geral. (Tabela 8).

A correlação entre a estimativa do parâmetro utilizada para medir a estabilidade e o  $R^2$  nos três métodos utilizados apresentou-se negativa e significativa com índice de -0,50 para o método de Eberhart e Russel (1966) e -0,64 para a metodologia de Cruz et al. (1989). Tal resultado se deve ao fato de que menores desvios e maiores coeficientes de determinação indicam maior estabilidade, portanto, apesar da inversão de sinais, tal informação é concordante.

Tabela 8. Correlações de Spearman entre os parâmetros de estabilidade e adaptabilidade e média para a característica produtividade de matéria seca ( $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ ) dos diferentes métodos utilizados em 83 genótipos de capim-elefante. Campos dos Goytacazes, RJ, 2018.

	$\hat{\beta}_{0i}$	Finlay e Wilkinson		Cruz et al.						Eberhart e Russell		
		$\hat{\beta}_{1iFW}$	$R^2_{FW}$	MD	MF	$\hat{\beta}_{1iC}$	$\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i}$	$QM_{desv}$	$R^2_C$	$\hat{\beta}_{1iER}$	$\hat{\sigma}_{diER}^2$	$R^2_{ER}$
$\hat{\beta}_{0i}$	1	0.75**	0.33**	0.80**	0.91**	0.75**	0.11 <sup>ns</sup>	0.31**	0.30**	0.75**	0.43**	0.33**
$\hat{\beta}_{1iFW}$		1	0.68**	0.25**	0.93**	0.97**	0.23*	0.17 <sup>ns</sup>	0.57**	1	0.23*	0.68**
$R^2_{FW}$			1	-0.11 <sup>ns</sup>	0.55**	0.68**	0.23*	-0.38**	0.74**	0.68**	-0.50**	1
MD				1	0.51**	0.24*	0.04 <sup>ns</sup>	0.34**	-0.06 <sup>ns</sup>	0.25*	0.44**	-0.11 <sup>ns</sup>
MF					1	0.94**	0.10 <sup>ns</sup>	0.23*	0.48**	0.93**	0.33**	0.55**
$\hat{\beta}_{1iC}$						1	0.06 <sup>ns</sup>	0.15 <sup>ns</sup>	0.58**	0.97**	0.22*	0.67**
$\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i}$							1	0.03 <sup>ns</sup>	0.12 <sup>ns</sup>	0.23*	-0.03 <sup>ns</sup>	0.23**
$QM_{desv}$								1	-0.64**	0.17 <sup>ns</sup>	0.74**	-0.38**
$R^2_C$									1	0.57**	-0.30**	0.74**
$\hat{\beta}_{1iER}$										1	0.23*	0.68**
$\hat{\sigma}_{diER}^2$											1	-0.50**
$R^2_{ER}$												1

\*, \*\* Significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t. Médias para produção de matéria seca ( $\hat{\beta}_{0i}$ ), coeficiente de regressão linear ( $\hat{\beta}_{1i}$ ), coeficiente de determinação ( $R^2$ ), quadrado médio do desvio ( $QM_{desv}$ ) segundo as metodologias propostas.

## CONCLUSÕES

1. Os genótipos 43, 39, 38, 67, 41, 28, 47, 22, 33, 48, dentre outros, apresentaram produtividade superior à média geral, sendo considerados os de melhor adaptação;
2. Os métodos Finlay e Wilkinson e Eberhart e Russel mostraram concordância total quanto à adaptabilidade e ao parâmetro  $R^2$ , recomendando-se utilizar um ou outro para avaliação destes fatores;
3. O método de Eberhart e Russel foi eficaz na identificação de genótipos de capim-elefante de ampla adaptabilidade e alta estabilidade de produção de matéria seca ao longo dos seis cortes;
4. Não foram identificados genótipos ideais, ou seja, produtivos, adaptados a ambientes desfavoráveis, responsivos à melhoria ambiental e de alta estabilidade, segundo o método de Cruz et al. (1989).



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araújo, M.S. (2016) Interação genótipo versus cortes anuais e comparação de métodos de estabilidade e de índices de seleção em capim-elefante. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 81p.
- 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.
- Barbosa, S., Davide, L.C., Pereira, A.V. (2003) Cytogenetics of *Pennisetum purpureum* Shum x *Pennisetum glaucum* L. hybrids and their parents. *Ciência e Agrotecnologia*, 27 (1): 23-26.
- Becker, H.C. (1981) Correlations among some statistical measures of phenotypic stability. *Euphytica*, 30:835-840.
- Boddey, R.M., Alves, B.J.R., Urquiaga, S.S. (2004) *Redução das emissões do gás carbônico através da produção de bioenergia utilizando capim elefante*. Embrapa Agrobiologia, Seropédica- RJ.

- Brunkem, J.N. (1977) A systematic study of *Pennisetum* sect. *Pennisetum* (Graminae). *American Journal of Botany*, 64 (2):161-176.
- Carbonari, C. A., Velini, E.D., 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., Stradiotto, N.R. (orgs.). *Bioenergia: desenvolvimento, pesquisa e inovação*. São Paulo: Cultura Acadêmica, p. 53-82.
- Cavalcante, M., Lira, M.A. (2010) Variabilidade genética em *Pennisetum purpureum* Schumacher. *Revista Caatinga*, 23 (2):153-163.
- Costa, N.H.A.D., Seraphin, J.C., Zimmermann, F.J.P. (2002) Novo método de classificação de coeficientes de variação para a cultura do arroz de terras altas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37 (3):243-249
- Cruz, C. D., Regazzi, A. J., Carneiro, P. C. S. (2014) *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Volume 1: Ed. UFV, 514p.
- Cruz, C.D. (2013) GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiaru Agronomy*, 35 (3):271-276.
- Cruz, C. D., Regazzi, A. J., Carneiro, P.C.S. (2012) *Métodos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Viçosa, Editora UFV, 514p.
- Cruz, C.D., Regazzi, A.J. (2001) *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. 2.ed.rev. Viçosa, Editora UFV, 390p.
- Cruz, C. D., Castoldi, F.L. (1991) Decomposição da interação genótipo x ambiente em partes simples e complexas. *Revista Ceres*, 38 (219):422-430.
- Cruz, C.D., Torres, R.A.A., Vencovsky, R. (1989) An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. *Revista Brasileira de Genética*, 12 (3):567-580.
- Cunha, M.V. da., Lira, M. de A., Santos, M.V.F. dos., Dubeux Júnior, J.C.B., Mello, A.C.L. de., Freitas, E.V. de. (2013). Adaptabilidade e estabilidade da produção de forragem por meio de diferentes metodologias na seleção de genótipos de *Pennisetum* spp. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 8 (4):681-686.
- 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.
- Cunha, M.V., Lira, M.A., Santos, M.V.F., Freitas, E.V., Dubeux Junior, J.C.B., Mello, A.C.L., Martins, K.G.R. (2011) Association between the morphological and productive characteristics in the selection of elephant Grass genotype. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40 (3):482-488.
- Daher, R.F., Pereira, A.V., Menezes, B.R.S., Cassaro, S., Novo, A.A.C., Furlani, E.P., Júnior, A.T.A., Pereira, M.G., Stida, W.F., Vidal, A.K.F. (2018) Canonical correlations among morpho-agronomic and chemical traits in hybrids between elephant grass and millet. *Australian Journal of Crop Science*, 12:210-216.
- Daher, R.F., Souza, L.B., Gravina, G.A., Machado, J.C., Ramos, H.C., Silva, V.Q., 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.
- Daher, R.F., Moraes, C.F., Cruz, C.D., Pereira, A.V., Xavier, D.F. (2000) Seleção de caracteres morfológicos discriminantes em capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 26 (2): 265-70.
- Deresz, F. (2001) Influência do período de descanso da pastagem de capim elefante na produção de leite de vacas mestiças holandês x zebu. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30 (2):461-469.
- Duarte, J.B., Vencovsky, R. (1999) *Interação genótipos x ambientes: uma introdução à análise AMMI*. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 60p.
- Eberhart S.A., Russel W.A. (1966) Stability parameters for comparing. *CropScience*, 6:36-40.
- Embrapa Agrobiologia. Energia limpa Capim-elefante pode substituir o carvão mineral:[http://www.cnpab.embrapa.br/imprensa/pautas/pauta\\_campim\\_elefant.html](http://www.cnpab.embrapa.br/imprensa/pautas/pauta_campim_elefant.html) em 02/12/2016.
- Fan, X., Kang, M.S., Chen, H., Zhang, Y., Tan, J., Xu, C. (2007) Yield stability of maize hybrids evaluated in multi-environment trials in Yunnan, China. *Agronomy Journal*, 99:220-228.
- Finlay, K.W., Wilkinson, G.N. (1963) The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. *Australian Journal of Agricultural Research*, 14:742-754.

- Flores, A.R., Urquiaga, S., Rodrigues Alves, B.J., Santos Collier, L., Brás Zanetti, J., de Mello Prado, R. (2013). Nitrogênio e idade de corte na qualidade da biomassa de capim-elefante para fins agroenergéticos cultivado em Latossolo. *Semina: Ciências Agrárias*, 34 (1):127-136.
- Fonseca, J.S. de; Martins, G. de A. (1996). *Curso de Estatística*. 6 ed. São Paulo: Atlas, 320p.
- Freitas, R.S., Barbé, T.C., Daher, R.F., Vidal, A.K.F., Stida, W.F., Silva, V.B. da, Menezes, B.R.S. da, Pereira, A.V. (2017) Chemical Composition and Energy Yield of Elephant-Grass Biomass as Function of Five Different Production Ages. *Journal of Agricultural Science*, 10 (1):343-353.
- Garbuglio, D.D., Gerage, A.C., Araujo, P.M., Fonseca Júnior, N.S., Shioga, P.S. (2007) Análise de fatores e regressão bissegmentada em estudos de estratificação ambiental e adaptabilidade em milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42 (2):183-191.
- Goldemberg, J. (2010) *Etanol e bioeletricidade: a cana-de-açúcar no futuro da matriz energética*. São Paulo: Luc Projetos de Comunicação.
- Hanna, W.W., Gaines, T.P., Gonzalez, B., Monson, W.G. (1984) Effect of ploidy on yield and quality of pearl millet x Napier grass hybrids. *Agronomy Journal*, 76 (6):969-971.
- Ibrahim, N., Kamarudin, S.K., Minggu, L.J. (2014) Biofuel from biomass via photo-electrochemical reactions: An overview. *Journal of Power Sources*, 259 (1):33–42.
- Jacques, A.V.A. (1997) Caracteres morfofisiológicos e suas implicações no manejo. *In: Carvalho, M.M., Alvim, M.J., Xavier, D.F. (eds.) Capim-elefante: produção e utilização*. Coronel Pacheco: EMBRAPA-CNPGL, p. 31–47.
- Júnior, W.C., Duarte, J.B. (2006) Métodos estatísticos para estudo de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41 (1):23-30.
- Leão, F.F., Cancellier, L.L., Pereira, A.V., Ledo, F.J.S., Afféri, F.S. (2012) Produção forrageira e composição bromatológica de combinações genômicas de capim-elefante e milheto. *Revista Ciência Agronômica*, 43 (2):368-375.
- Ledo, R.R. de. Imputação de médias para análise de estabilidade e adaptabilidade em experimentos conjuntos incompletos: uma aplicação em café conilon. Dissertação (Mestrado em Estatística Aplicada e Biometria) – Campos dos

- Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 80p.
- Ledo, F.J.S., Pereira, A.V., Souza Sobrinho, F., Botrel, M.A., Oliveira, J.S., Xavier, D.F., Italiano, E.C., Fernandes F.D., Peres, R.M., Leite, V.B.O., Almeida, E.X., Alencar, J.A., Dubeaux Júnior, J.C.B., Lima, G.F.C., Abreu, J.G. (2003) Seleção de clones de capim-elefante em diferentes regiões brasileiras. *Anais da 40ª reunião anual da SBZ*. Santa Maria-RS.
- 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*, 10:1304-1313.
- Lima, E.S., Silva, J.F.C., Vásquez, H.M., Andrade, E.N., Deminicis, B.B., Morais, J.P.G., Costa, D.P.B., Araújo, S.A.C (2010) Característica agronômicas e nutritivas das principais cultivares de Capim-Elefante do Brasil. *Veterinária e Zootecnia*, 17 (3):324-334.
- Marafon, A.C., Marinho, T.M., Rangel, A. (2012) *Cenário energético brasileiro e o potencial do capim elefante como fonte de matéria prima para a produção de energia renovável*. Embrapa–Tabuleiros Costeiros, Aracajú.
- Martel, E., Ricroch, A., 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.
- Mendonça, J.C. (2014) Inundações na baixada campista. In: Totti, M.E., Soffiati, A. *Gestão de águas no baixo Paraíba do Sul*. Essentia Editora, p. 91-127.
- Menezes, B.R.S., Daher, R.F., Gravina, G.A., Gottardo, R.D., Schneider, L.S.A., Rocha, A.S. (2016) Comportamento Per se de híbridos de capim-elefante para fins energéticos. *Comunicata Scientiae*, 7 (1): 73-85.
- 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. (2014) Correlações e análise de trilha em capim-elefante para fins energéticos. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 9 (3):465-470.
- Miranda, G.V., Vieira, C., Cruz, C.D., Araujo, G.A.A. (1998) Comparação de métodos de avaliação da adaptabilidade e da estabilidade de cultivares de feijoeiro. *Acta Scientiarum Agronomy*, 20 (3):249-255.

- Morais, R.F., Souza, B.J., Leite, J.M., Soares, L.H.B., Alves, B.J.R., Boddey, R.M., Urquiaga, S. (2009) Elephant grass genotypes for bioenergy production by direct biomass combustion. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44:133-140.
- Oliveira, M.L.F.; Daher, R.F.; Menezes, B.R.S.; Vivas, M., Rocha, A.S., Ponciano, N.J., Amaral Junior, A.T., Araujo, M.S.B., Pereira, T.N.S., Silva, V.B. (2017) Genetic diversity of elephant grass (*Cenchrus purpureus* Schumach. Morrone) for energetic production based on quantitative and multi-category traits. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 77:48-57.
- Oliveira, M.L.F., Daher, R.F., Gravina, G.D.A., da Silva, V.B., Viana, A.P., Rodrigues, E.V., 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*, 36:2743-2758.
- Oliveira, M.L.F. (2014) Avaliação uni e multivariada de características morfoagronômicas para fins energéticos e estudo da diversidade genética do capim-elefante com base em características quantitativas e multicategóricas. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 113p.
- Oliveira, A.V., Daher, R.F., da Silva Menezes, B.R., de Amaral Gravina, G., de Sousa, L.B., da Silva Gonçalves, A.C., 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, T.N., Santos, M.V.F., Lira, M.A., Mello, A.C.L., Cunha, M.V., Freitas, E.V., Ferreira, R.L.C. (2011). Estabilidade e Adaptabilidade de genótipos de *Pennisetum* sp. Sob Pastejo. Mancha Ocular. *Revista Zootecnia*. 60 (231):725-732.
- Oliveira, M.A.R., Pípolo, V.C., Schuster, I., Vicente, D., Dellagostin, M., Oliveira, E. F. (2006) Soybean stability and adaptability in Southern and Central Brazil. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 6:55-64.
- Paterlini, E.M., Arantes, M.D.C., Gonçalves, F.G., Vidaurre, G.B., Bauer, M.D.O., Moulin, J.C. (2013). Avaliação do capim elefante para uso energético. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, 4 (2):119-125.

- Pereira, A.V., Auad, A., Léo, F.D.S., Barbosa, S. (2010) *Pennisetum purpureum*. In: Fonseca, D.M. da, Martuscello, J.A. (eds.). *Plantas forrageiras*. Viçosa, MG: UFV, p. 198-218.
- Pereira, A.V., Machado, M.A., Azevedo, A.L.S., Nascimento, C.S., Campos, A.L., Ledo, F.J.S. (2008) Diversidade genética entre acessos de capim-elefante obtida com marcadores moleculares. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37 (7):1216-1221.
- Pereira, A.V., Léo, F.J.S. (2008) Melhoramento genético de *Pennisetum purpureum*. In: Resende, R.M.S., Vale, C.B., Jank, L. (eds.). *Melhoramento de forrageiras tropicais*, p.89-116.
- Pereira, A.V., Valle, C.B., Ferreira, R.P., Miles, J. W. (2001) Melhoramento de forrageiras tropicais. *Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas*, 549-602.
- Pimentel-Gomes, F; e Garcia, C.H. (2002) *Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplo e orientações para uso*. Piracicaba: FEALQ, 309p.
- Quesada, M.D., Boddey, R.M., Reis, V.M., Urquiaga, S. (2004) *Parâmetros qualitativos de genótipos de capim-elefante (Pennisetum purpureum Schum.) estudados para produção de energia através da biomassa*. Circular Técnica, Embrapa Agrobiologia.
- Ramalho, M.A.P., Abreu, A.F.B., Santos, J.D., Nunes, J.A.R. (2012). *Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas*. Lavras: UFLA, 456p.
- Ramalho, M.A.P., Ferreira, D.F., Oliveira, A.C. (2005) *Experimentação em genética e melhoramento de plantas*. Lavras: UFLA, 322p.
- Resck, D. V. S.; Ferreira, E. A. B.; Figueiredo, C. C.; Zinn, Y. L. (2008) Dinâmica da matéria orgânica no Cerrado. In: Santos, G. A.; Silva, L. S.; Canellas, L. P.; Camargo, F. A. O. (Eds.). *Fundamentos da matéria orgânica do solo-Ecosystemas tropicais e subtropicais*, Porto Alegre, p. 359-406.
- Ribeiro, E.G., Fontes, C.A.A., Palieraque, J.G.B., Cóser, A.C., Martis, C.E., Silva, R.C. (2009) Influencia da irrigação, nas épocas secas e chuvosas, na produção e composição química do capim napier e mombaça em sistema de lotação intermitente. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38 (8):1432-1442

- Rocha, A.M., Silva, M.S., Fernandes, F.M., Paulillo, L.C.M.S., Torres, E.A. (2017) Prospecção tecnológica do capim elefante e sua relevância como matéria-prima para a produção energética. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 10 (2):475-499.
- Rocha, A.S., Daher, R.E.F., Gravina, G.A., Pereira, A.V., Rodrigues, E.V.O., Viana, A.P., Oliveira, E.S. (2015) Comparison of stability methods in elephant-grass genotypes for energy purposes. *African Journal of Agricultural Research*, 10 (47):4283-4294.
- Rocha, R.B., Muro-Abad, J.I., Araújo, E.F., Cruz, C.D. (2005). Avaliação do método centróide para estudo de adaptabilidade ao ambiente de clones de *Eucalyptus grandis*. *Ciência Florestal*, 15 (3):255-266.
- Rodrigues, E.V., Daher, R.F., Santos, A., Vivas, M., Machado, J.C., Gravina, G.A., Souza, Y.P., Vidal, A.K.F., Avelino, S.R., Freitas, R.S. (2017) Selecting elephant grass families and progenies to produce bioenergy through mixed models (REML/BLUP). *Genetics and Molecular Research*, 16:2-12.
- Rodrigues, E.V., Daher, R.F., Santos, A., Vivas, M., Machado, J.C., Gravina, G.A., Souza, Y. P., Vidal, A.K.F., Rocha, A.S., Freitas, R.S. (2017) Selecting elephant grass families and progenies to produce bioenergy through mixed models (REML/BLUP). *Genetics and molecular research*, 16:2-12.
- Rossi, D.A., Menezes, B.D.S., Daher, R.F., Gravina, G.D.A., de Lima, R.S.N., Léo, F.D.S., de Souza, C.L.M. (2014) Canonical correlations in elephant grass for energy purposes. *African Journal of Biotechnology*, 13 (36):3666-3671.
- 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.
- Samson, R., Mani, S., Boddey, R., Sokhansanj, S., Quesada, D., Urquiaga, S., Reis, V., Lem, C. H. (2005) The potential of c4 perennial grasses for developing a global. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 24:1-35.
- Santos, R.L., Freire, F.J., Rocha, A.T., Silva, J.A.A., Tavares, J.A., Ferreira, E.G.B.S., Oliveira, E.C.A. (2015) Elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) biomass production as promising alternative source of energy in



- Brazil's semiarid area using gypsum. *Australian Journal of Crop Science*, 9 (11):1082-1088.
- Santos, M.M.P., Daher, R.F., Ponciano, N.J., Gravina, G.A., Pereira, A.V., Santos, C.L. (2014) Respostas do capim-elefante sob doses de adubação azotada de cobertura para fins energéticos. *Revista de Ciências Agrárias*, 37 (1):100-108.
- Scapim, C.A., Pacheco, C.A.P., Amaral Júnior, A.T., Vieira, A., Pinto, R.J.B., Conrado, T.V. (2010) Correlations between the stability and adaptability statistics of popcorn cultivars. *Euphytica*, 174:209-218.
- Scarlat, N., Dallemanda, J., Skjelhaugen, O. J., Asplund, D., Nesheim, L. (2011). An overview of the biomass resource potential of Norway for bioenergy use. Renewable and Sustainable. *Energy Reviews*, 15:3388–3398.
- 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.
- Silva, V.B., Daher, R.F., Menezes, B.R.S., Gravina, G.A., Araújo, M.S.B., Carvalho Júnior, A.R., Cruz, D.P., Almeida, B.O., Tardin, F.D. (2018) Selection among and within full-sib families of elephant grass for energy purposes. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 18:89-96.
- 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) – Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 110p.
- Silva, A.L.C., Santos, M.V.F., Dubeux Júnior, J.C.B., Lira, M.A., Ferreira, R.L.C., Freitas, E.V., Cunha, M.V., Silva, M.C. (2010) Variabilidade e herdabilidade de caracteres morfológicos em clones de capim-elefante na Zona da Mata de Pernambuco. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39 (10):2132-2140.
- Singh, B.P., Singh, H.P., 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., 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.
- Souza, Y.P. (2017) Repetibilidade de caracteres morfoagronômicos, adaptabilidade e estabilidade de genótipos de capim elefante para produção de biomassa com fins energéticos. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro- UENF, 80p.
- Souza Sobrinho, F., Pereira, A.V., Ledo, F.J.S. (2005) Avaliação agrônômica de híbridos interespecíficos entre capim-elefante e milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40 (9):873-880.
- Tavares, S.R.L., Santos, T.E. (2013) Uso de diferentes fontes de biomassa vegetal para produção de biocombustíveis sólidos. *Holos*, 29 (5):19-27.
- Tcacenco, F.A., Botrel, M.D.A., Carvalho, M., Alvim, M.J., Xavier, D.F., Carvalho, L.D.A. (1994) Identificação e avaliação de acessos e cultivares de capim-elefante. In: Carvalho, M.M.; Alvin, M.J.; Xavier, D.F. *Capim elefante: produção e utilização*. 2ª ed., revisada.
- Urquiaga, S., Alves, B.J.R., Boddey, R.M. (2006) Capim-elefante: uma fonte alternativa promissora para a produção de energia.
- Vencovsky, R., Barriga, P. (1992) *Genética Biométrica no Fitomelhoramento*. Ribeirão Preto SP: SBG, 496p.
- Verma, M.M., Chahal, G.S., Murty, B.R. (1978) Limitations of conventional regression analysis: a proposed modification. *Theoretical and Applied Genetics*, 53 (2):89-91.
- Viana, A.P., Resende, M.D.V. (2014) *Genética quantitativa no melhoramento de fruteiras*. Rio de Janeiro: Interciência, 296p.
- Vicente, D., Pinto, R.J.B., Scapim, C.A. (2004) Análise da adaptabilidade e estabilidade de linhagens elite de soja. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 26 (3): 301-307.
- Vidal, A.K.F., Barbé, T.C. da, Daher, R.F., Almeida Filho, J.E., Lima, R.S.N., Freitas, R.S., Rossi, D.A., Oliveira, E.S. da, Menezes, B.R.S., Entringer, G.C., Peixoto, W.F.S., Cassaro, S. (2017) Production potential and chemical

- composition of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) at different ages for energy purposes. *African Journal of Biotechnology*, 16:1428-1433.
- Vilela, H. (2009) Série gramíneas tropicais – gênero *Pennisetum* (*Pennisetum purpureum*).
- Vitor, C.M.T., Fonseca, D.M., Cóser, A.C., Martins, C.E., Nascimento Júnior, D., 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.
- Zanetti, J.B. (2010) Identificação de genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach,) de alta produção de biomassa com qualidade para fins energéticos. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Seropédica-RJ, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro- UFRRJ, 84 p.