

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

**ASPECTOS PRODUTIVOS E GENÉTICOS DE *Pennisetum* spp. SOB NÍVEIS DE
NITROGÊNIO NA ZONA DA MATA DE PERNAMBUCO**

MARCELO CAVALCANTE
Engenheiro Agrônomo

**RECIFE - PE
NOVEMBRO - 2011**

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

**ASPECTOS PRODUTIVOS E GENÉTICOS DE *Pennisetum* spp. SOB NÍVEIS DE
NITROGÊNIO NA ZONA DA MATA DE PERNAMBUCO**

MARCELO CAVALCANTE

**RECIFE - PE
NOVEMBRO - 2011**

MARCELO CAVALCANTE

ASPECTOS PRODUTIVOS E GENÉTICOS DE *Pennisetum* spp. SOB NÍVEIS DE NITROGÊNIO NA ZONA DA MATA DE PERNAMBUCO

Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, do qual participam a Universidade Federal da Paraíba e Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

Área de Concentração: Forragicultura

Comitê de Orientação:

Prof. PhD. Mário de Andrade Lira – Orientador Principal

Profª. Drª. Mércia Virginia Ferreira dos Santos – Co-orientadora

Prof. Dr. Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira – Co-orientador

**RECIFE - PE
NOVEMBRO - 2011**

MARCELO CAVALCANTE

ASPECTOS PRODUTIVOS E GENÉTICOS DE *Pennisetum* spp. SOB NÍVEIS DE NITROGÊNIO NA ZONA DA MATA DE PERNAMBUCO

Tese defendida e aprovada pela Comissão Examinadora em 11 de novembro de 2011.

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Alexandre Carneiro Leão de Mello
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Zootecnia

Prof. Dr. Divan Soares da Silva
Universidade Federal da Paraíba
Departamento de Zootecnia

Prof^ª. Dr^ª. Geane Dias Gonçalves Ferreira
Universidade Federal Rural de Pernambuco/UAG
Departamento de Zootecnia

Prof. PhD. José Carlos Batista Dubeux Júnior
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Zootecnia

Pesquisador Dr. José Nildo Tabosa
Instituto Agronômico de Pernambuco
Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento

Prof. PhD. Mário de Andrade Lira
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Zootecnia
Presidente

**RECIFE-PE
NOVEMBRO – 2011**

Ficha catalográfica

C376a Cavalcante, Marcelo
Aspectos produtivos e genéticos de genótipos de
Pennisetum spp. sob níveis de nitrogênio na Zona da Mata
de Pernambuco – 2011.
83p.: il.

Orientador: Mário de Andrade Lira
Tese (Doutorado Integrado em Zootecnia) – Universidade
Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Zootecnia,
Recife, 2011.
Referências.

1. *Pennisetum purpureum* 2. *Pennisetum glaucum*
3. Medidas repetidas 4. Repetibilidade 5. Parâmetros
Genéticos I. Lira, Mário de Andrade, orientador
II. Título

CDD 581.15

*À família Cavalcante (Maria Imaculada, Márcia Verônica, Mônica Emília, Magna Pureza, Elenilton Vieira Jr., José Edmilson, Rogério dos Santos), em especial a minha querida e amada mãe, **Maria de Lourdes**, que sempre se dedicou, se empenhou e se preocupou com minha formação acadêmica e com minha prosperidade humana.*

Dedico!

*A todos aqueles que acreditaram que a meta se tornaria uma realidade. Em especial, à **Tâmara Gomes**, companheira de tantos anos, que sempre externou palavras de confiança, de esperança e de motivação. Para todos que estiveram na torcida, ofereço, com minha eterna gratidão e respeito!*

Ofereço!

AGRADECIMENTOS

A **Universidade Federal Rural de Pernambuco** e ao **Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia**, pela oportunidade de realização do curso de Doutorado e formação superior de excelência.

Ao **Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA)**, pela oportunidade de desenvolvimento do Projeto de Tese, através da concessão da área experimental, laboratórios, equipamentos e insumos, alojamento e funcionários.

A **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)** pela concessão da bolsa de estudo durante o Curso.

Ao **Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico (CNPq)**, pelo apoio financeiro à pesquisa.

Aos Prof^{os}. **Mário de Andrade Lira** e **Mércia Virginia Ferreira dos Santos** pelos ensinamentos advindos da orientação, na qualidade de orientador e co-orientadora. Minha eterna gratidão e respeito!

Aos Prof^{os}. **José Carlos B. Dubeux Jr.**, **Alexandre Carneiro Leão de Mello**, **Adriana Guim** e **Ângela M. V. Batista** (Pós-Graduação em Zootecnia); **Rinaldo L. C. Ferreira** (Pós-Graduação em Ciência Florestal), **Francisco José de Oliveira** (Pós-Graduação em Melhoramento Genético de Plantas); **Egídio Bezerra Neto** (Departamento de Química Agrícola); **Mário de A. Lira Jr.** (Pós-Graduação em Ciência do Solo); **Carlos Tadeu dos S. Dias** (Departamento de Ciências Exatas/ESALQ/USP). Minha eterna gratidão pelos conhecimentos repassados durante esta etapa acadêmica.

Ao Prof^o **Kléber Régis Santoro** (Pós-Graduação em Biometria/UFRPE), pela humildade e disposição em ensinar e ajudar, tanto na sala de aula, quanto fora dela.

Aos funcionários do IPA, **Dr. Aluizio Low, Sílvio, José Reginaldo Araújo, D. Fátima, D. Marilene, D. Maria** e em especial, a **Edvaldo Araújo (Nego)**, pela humildade e disposição em ajudar na implantação, manutenção e colheita do experimento.

Aos amigos **Eduardo Bruno Pita** e **João Manoel Carneiro Leão Neto**, pela grande ajuda que me foi dada durante as avaliações experimentais em Itambé. Mesmo com o término da bolsa, continuaram ajudando com a mesma boa vontade, dedicação e precisão na obtenção dos dados.

Aos também amigos **Stênio Lopes, Vanessa Melo, Laura Detoni, Luiz Henrique (Lula), Soraya Freitas, Francisco de Araújo Machado, Alenice Tavares, Valéria Xavier, César Antunes, Antônio Mendonça Jr., Felipe Lins (Sanharó), Toni Souza, Ricardo Macedo da Silva, Rafael de Paula, Gisele Santana, Camila Oliveira, Elainy Lopes, Almir Ferreira da Silva, Cláudio Parro, Rerisson Cipriano, Carolina Lira, Hiran Marcelo, Adeneide Galdino, Felipe Saraiva, Vicente Imbroisi, Luciana Felizardo, Nalígia Gomes, Carolina Mota, Felipe Cabral (Mago), Amanda Gallindo, Aloísio Carvalho, José Benjamin (Química Agrícola), Fabiana Lopes, Osniel Oliveira, Misleni Ricarte, Luiz Felipe Borba, Bruno Viana e Marco Aurélio**, pela permissão de entrar em suas vidas e conviver com todos, tanto dentro do Departamento, quanto fora dele. Levarei comigo um pouco de cada um de vocês. Conviver com cada um também trouxe um grande aprendizado!

À **D. Fátima e família**, que abriu suas portas e me acolheu tão prontamente em sua residência e em seu dia a dia, em Recife.

SUMÁRIO

	Página
Lista de Tabelas	<i>ix</i>
Lista de Figuras	<i>xi</i>
Resumo Geral	<i>xii</i>
Abstract	<i>xiii</i>
Considerações Iniciais	1
Capítulo 1 - Referencial Teórico	4
Referências Bibliográficas	19
Capítulo 2 - Potencial produtivo de genótipos de <i>Pennisetum</i> spp. sob níveis de nitrogênio na Zona da Mata de Pernambuco	26
Resumo	27
Abstract	28
Introdução	29
Material e Métodos	30
Resultados e Discussão	34
Conclusões	46
Referências Bibliográficas	47
Capítulo 3 - Estimativa do coeficiente de repetibilidade e de parâmetros genéticos em <i>Pennisetum</i> spp. na Zona da Mata de Pernambuco	50
Resumo	51
Abstract	52
Introdução	53
Material e Métodos	54
Resultados e Discussão	59
Conclusões	65
Referências Bibliográficas	66
Considerações Finais	69

LISTA DE TABELAS

Capítulo 2

	Página
1. Cruzamentos interespecíficos de capim-elefante com milheto, número de progênes geradas e cultivares avaliadas.	31
2. Resultado da ANOVA (testes F) das variáveis massa de forragem (MF), altura da planta (AP), comprimento (CF) e largura da folha (LF), diâmetro do colmo (DC) e para o comprimento do entrenó (CE) de genótipos de <i>Pennisetum</i> spp. sob quatro níveis de N, seis ciclos de avaliação e três blocos	35
3. Estimativa dos parâmetros de adaptabilidade e de estabilidade estimados pelo método de Eberhart & Russell (1966) para a massa de forragem de 16 genótipos de <i>Pennisetum</i> spp. avaliados em seis ambientes (ciclos de avaliação)	36
4. Agrupamento de Tocher e desdobramento da interação tripla para a massa de forragem (kg MS touceira ⁻¹ corte ⁻¹)	37
5. Agrupamento de Tocher e desdobramento da interação tripla para o comprimento da folha (cm)	41
6. Agrupamento de Tocher e desdobramento da interação tripla para a largura da folha (mm)	42
7. Agrupamento de Tocher e desdobramento da interação tripla para o diâmetro do colmo (mm)	43
8. Agrupamento de Tocher e desdobramento da interação tripla para o comprimento do entrenó (mm)	44

LISTA DE TABELAS

Capítulo 3

	Página
1. Cruzamentos interespecíficos de capim-elefante com milheto, número de progênies geradas e cultivares avaliadas	55
2. Estimativas dos coeficientes de repetibilidade (r) e dos coeficientes de determinação (R^2) para as variáveis massa de forragem (MF), altura da planta (AP), comprimento (CF) e largura da folha (LF), diâmetro do colmo (DC), comprimento do entrenó (CE), clorose foliar (CFol) e índice de área foliar (IAF) de 16 genótipos de <i>Pennisetum</i> spp. por quatro métodos	59
3. Estimativa do número de medições (η) das variáveis massa de forragem (MF), altura da planta (AP), comprimento (CF) e largura da folha (LF), diâmetro do colmo (DC), comprimento do entrenó (CE), clorose foliar (CFol) e índice de área foliar (IAF) de 16 genótipos de <i>Pennisetum</i> spp. ..	62
4. Parâmetros genéticos para as variáveis massa de forragem (MF), altura da planta (AP), comprimento (CF) e largura da folha (LF), diâmetro do colmo (DC), comprimento do entrenó (CE), clorose foliar (CFol) e índice de área foliar (IAF) de 16 genótipos de <i>Pennisetum</i> spp.	63

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 2

	Página
1. Precipitação pluvial (mm) de Itambé durante o período experimental	31
2. Desdobramento da interação genótipo x nitrogênio para a altura da planta (m)	39
3. Desdobramento da interação genótipo x ciclo para a altura da planta (m)	40

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 3

	Página
1. Precipitação pluvial (mm) de Itambé durante o período experimental	55

RESUMO GERAL

Objetivou-se avaliar o potencial produtivo, a adaptabilidade, a estabilidade, o coeficiente de repetibilidade (r), o número mínimo de medições para a seleção com maior eficiência e confiabilidade e estimar parâmetros genéticos de genótipos (G) de *Pennisetum* spp., em função de níveis de nitrogênio (N). O experimento foi implantado em 2009, na Estação Experimental de Itambé, do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), sob delineamento em blocos ao acaso, no esquema de parcelas subdivididas, sendo a parcela principal quatro níveis de N (controle, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹ corte⁻¹) e as subparcelas, 16 genótipos de *Pennisetum* spp. [10 novos híbridos interespecíficos (IPA-1, IPA-7, IPA-8, IPA-A2, IPA-A4, IPA-A5, IPA-B1, IPA-B3, IPA-C8 e IPA-C9), um híbrido interespecífico cultivado (HV 241) e cinco cultivares de capim-elefante (Mineirão, Taiwan A-146, Elefante B, IRI 381 e Pioneiro)]. Os genótipos foram avaliados em seis ciclos (CI), com avaliações em 2010 (21/04, 19/07 e 28/09) e em 2011 (06/01, 07/04 e 03/08). As variáveis massa de forragem (MF), comprimento da folha (CF), largura da folha (LF) e comprimento do entrenó (CE) apresentaram interação tripla (N x G x CI). O novo híbrido, IPA-7 (Pioneiro x IPA Bulk-1), apresentou adaptabilidade geral ($\beta_1 = 1$) e alta estabilidade ($\sigma^2_{di} = 0$) para a MF, não foi influenciado pelos níveis de N dentro dos ciclos, atingindo valores médios de 0,88 kg MS touceira⁻¹ corte⁻¹, CF de 76,24 cm e CE de 78,79 mm. O coeficiente de repetibilidade foi de média-alta magnitude para todas as variáveis. Para as variáveis MF, altura da planta, CF, LF, diâmetro do colmo (DC), clorose foliar (CFol) e índice de área foliar, até três ciclos de avaliação já foram suficientes para atingir R² de 90% pelo método dos componentes principais, baseado na matriz de covariância. Os parâmetros genéticos das variáveis MF ($h^2 = 96\%$, $CV_G = 38,19\%$), CF ($h^2 = 95\%$, $CV_G = 16,05\%$), LF ($h^2 = 96\%$, $CV_G = 16,17\%$, $b = 1,04$), DC ($h^2 = 93\%$, $CV_G = 16,43\%$) e CFol ($h^2 = 97\%$, $b = 1,07$) são de alta magnitude, favorecendo a seleção de genótipos superiores de *Pennisetum* spp.

ABSTRACT

Aimed to evaluate the productive potential, the adaptability, the stability, the repeatability coefficient (r), the minimum number of measurements for the selection with greatest efficiency and reliability and to estimate genetic parameters of *Pennisetum* spp. genotypes (G), as a function of levels of nitrogen (N). The experiment was carried out in 2009 at the Itambé Experimental Station of Pernambuco, Agricultural Research Institute – IPA, Northeast Brazil, under randomized block in split plot design, being allocated in the main plot four nitrogen levels (control, 30, 60 and 90 kg ha⁻¹ cut⁻¹) and in the subplots, 16 *Pennisetum* spp. genotypes [10 new interspecific hybrids (IPA-1, IPA-7, IPA-8, IPA-A2, IPA-A4, IPA-A5, IPA-B1, IPA-B3, IPA-C8 and IPA-C9), one cultivated interspecific hybrid (HV 241) and five elephant grass cultivars (“Mineirão”, Taiwan A-146, “Elefante B”, IRI 381 and “Pioneiro”)]. The genotypes were evaluated in six cycles (CY), with evaluations in 2010 (04/21, 07/19 and 09/28) and 2011 (01/06, 04/07, 08/03). The variables forage mass (FM), leaf length (LL), leaf width (LW) and internode length (IL) presented triple interaction (G x N x CY). The new hybrid, IPA-7 (“Pioneiro” x IPA Bulk-1), presented high adaptability ($\beta_1 = 1$) and high stability ($\sigma_{di}^2 = 0$) for FM, was not influenced by the interaction, reaching average of 0.88 kg DM shoot⁻¹ cut⁻¹, LL of 76.24 cm and IL of 78.79 cm. The coefficient of repeatability was of medium-high magnitude for all variables. For variables FM, plant height, LL, LW, stem diameter (SD), leaf chlorosis (LChl) and leaf area index, up to three evaluation cycles was enough to reach R² of 90% by principal components method, based on the covariance matrix. The genetic parameters of variables FM ($h^2 = 96\%$, $CV_G = 38.19\%$), LL ($h^2 = 95\%$, $CV_G = 16.05\%$), LW ($h^2 = 96\%$, $CV_G = 16.17\%$, $b = 1.04$), SD ($h^2 = 93\%$, $CV_G = 16.43\%$) and LChl ($h^2 = 97\%$, $b = 1.07$) are of high magnitude, favoring the selection of superior *Pennisetum* spp. genotypes.

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O crescimento da população mundial impõe um grande impacto nos setores alimentício, energético e imobiliário, refletindo diretamente no setor agrícola, seja pela necessidade imediata de produção de alimentos de qualidade, ou pela redução das áreas agricultáveis pela construção civil. Desse modo, o melhoramento genético de plantas assume papel primordial, pois tem a responsabilidade de gerar genótipos que se adequem às condições edafoclimáticas das regiões produtoras, que sejam mais produtivos (produção vertical) e que possam ser utilizados em áreas de baixo nível tecnológico, ainda não habitadas.

O melhoramento genético, principalmente de espécies produtoras de grãos (milho, soja, trigo), encontra-se bastante consolidado. Por outro lado, o melhoramento de espécies forrageiras ainda deixa a desejar em relação às graníferas. Uma possível causa seria a falta de profissionais dispostos a atuar nesta área de pesquisa, uma vez que além de serem, em sua grande maioria, espécies perenes, com alguma barreira genética que dificulta o melhoramento (apomixia, poliploidia), a presença do animal atua como uma fonte adicional e única de variação, além de aumentar grandemente o tempo e os custos da pesquisa (área experimental, insumos, mão de obra etc.).

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schumacher) é uma poácea forrageira cespitosa, com elevada capacidade produtiva e, por isso, mundialmente utilizada nas propriedades rurais, principalmente sob a forma de capineira. Atualmente, vem sendo apontada também como uma das espécies promissoras para a produção de biocombustíveis renováveis (carvão vegetal, biogás, bio-óleo e etanol).

O capim-elefante foi introduzido no Brasil há cerca de 90 anos e encontra-se hoje distribuído em grande parte do território Nacional. Os Programas de Melhoramento desta espécie vêm explorando a variabilidade genética existente através da seleção clonal ou

através de hibridações intra-específicas, gerando progênes de meios-irmãos e de irmãos-germanos, e hibridações interespecíficas com milheto [*P. glaucum* (L.) R. Brown], gerando híbridos estéreis, que apresentam características intermediárias entre as duas espécies.

Considerando que um dos principais atributos do capim-elefante é sua produtividade, os Programas de Melhoramento vêm direcionando as pesquisas na busca de genótipos que possam ser selecionados para uso de baixo nível tecnológico, que apresentem alguma limitação, como a baixa fertilidade do solo. Dos elementos essenciais, o nitrogênio, devido a sua forma química no solo (NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+), é facilmente perdido (lixiviação, percolação ou volatilização) ou imobilizado pela biota do solo, sendo, por isso, considerado o elemento mais limitante à produção agrícola em regiões tropicais. Por isso, a identificação de genótipos que apresentem produtividade satisfatória com baixo uso de insumos, como o N-fertilizante, é o ponto chave que garantirá, em parte, a perenidade dessa forrageira, desde que os demais fatores de produção (pH, água, macro e micronutrientes, textura e estrutura do solo, espaçamento, frequência e altura de corte) não sejam limitantes.

Diante disso, objetivou-se avaliar a influência de quatro níveis de N sobre o potencial produtivo e genético de 16 genótipos de *Pennisetum* spp, em seis ciclos de avaliação. Os genótipos foram divididos em dois grupos: um grupo composto por 11 híbridos interespecíficos, dos quais, 10 foram novos híbridos e um híbrido já cultivado; e outro grupo composto por cinco cultivares previamente selecionadas. A Tese é composta por três capítulos. No Capítulo 1, apresenta-se a fundamentação teórica sobre aspectos como a origem, o melhoramento genético, os modelos biométricos utilizados, a influência do nitrogênio sobre caracteres produtivos do capim-elefante e de seus clones, e uso do capim-elefante para fins bioenergéticos. No Capítulo 2, apresenta-se os resultados experimentais relativos à avaliação do potencial produtivo dos genótipos de *Pennisetum*

spp. sob a influência do ambiente (nitrogênio e ciclos de avaliação). No Capítulo 3, apresenta-se os aspectos genéticos das variáveis analisadas através da modelagem estatística.

Capítulo 1

REFERENCIAL TEÓRICO

ASPECTOS PRODUTIVOS E GENÉTICOS DE *Pennisetum* spp. SOB NÍVEIS DE NITROGÊNIO NA ZONA DA MATA DE PERNAMBUCO

A espécie *P. purpureum*

A família *Poaceae* é composta por, aproximadamente, 10.000 espécies e 800 gêneros, dos quais ¼ estão distribuídos entre os países da Europa, da África e da Ásia (Campbell, 2011), destacando-se o continente africano, local de origem da maioria das forrageiras de importância econômica cultivadas no Brasil, a exemplo dos gêneros *Brachiaria*, *Panicum*, *Cynodon* e *Pennisetum* (Ferreira & Pereira, 2005).

O gênero *Pennisetum* spp. é constituído por mais de 140 espécies, destacando-se algumas de importância econômica, como as de produção de grãos [*P. glaucum* (L.) R. Brown, *P. typhoides* L.C. Rich], as forrageiras [*P. clandestine* Hochst., *P. orientale* L.C. Rich, *P. pedicellatum* Trinius, *P. purpureum* Schum., *P. unisetum* (Nees) Benth], e outras de importância intermediária, como *P. setaceum* (Forssk.) Chiov., *P. villosum* Fresen. e *P. divisum* (Gmel.) Henr. (Haroun, 2010).

O capim-elefante (*P. purpureum* Schum.) é uma espécie alógama que tem seu centro de origem na África Ocidental, concentrando os centros de biodiversidade nos territórios de Guiné, Moçambique, Angola, Zimbábue e sul do Quênia (Ferreira & Pereira, 2005). Saindo do continente africano, o capim-elefante foi introduzido nas Américas em 1913, nos Estados Unidos, expandindo-se posteriormente para as Américas Central e do Sul. Em 1917 foi introduzido em Cuba (Guerra, 2002), chegando ao Brasil em 1920 e 1921 pelos Estados do Rio Grande do Sul e de São Paulo, a partir de mudas trazidas dos Estados Unidos e de Cuba, respectivamente (Ferreira & Pereira, 2005). A partir dos primeiros cultivares (Napier e Mercker) e de novas introduções, desenvolveu-se, por meio de cruzamentos, grande número de genótipos que se encontram hoje distribuídos por quase todo território brasileiro, dada às ótimas condições edafoclimáticas encontradas neste país para o cultivo desta espécie (Tropical Forages, 2011).

O capim-elefante é considerado uma importante forrageira, por sua produtividade, palatabilidade e persistência, além de ser adaptado a quase todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo (Ferreira & Pereira, 2005). É uma espécie que pode ser cultivada sob as formas de capineira, pastejo (Lira et al., 2010), bem como em consórcio (Costa, 1995; Carneiro et al., 2006; Khan et al., 2006; Bayble et al., 2007).

Segundo Mutegi et al. (2008), o capim-elefante pode atuar no controle da erosão, reduzindo as perdas de PO_4 , NO_2^- , NO_3^- e NH_4^+ (Owino et al., 2006). No Brasil e em outras regiões do mundo (China, Austrália, Filipinas, Estados Unidos), o capim-elefante e seus clones vêm sendo utilizados na produção de biocombustíveis (Anderson et al., 2008; Strezov et al., 2008; Morais et al., 2009, Xie et al., 2011).

Melhoramento genético do *P. purpureum*

O melhoramento da maioria das características de importância forrageira do capim-elefante pode ser conseguido por meio da exploração da variabilidade genética existente na própria espécie que, de acordo com Cavalcante & Lira (2010), é de alta magnitude. Segundo Pereira (1992), considerando-se um conjunto de caracteres diferenciadores, pode-se classificar a variabilidade dentro do germoplasma de capim-elefante em cinco grupos distintos, definidos em relação aos tipos básicos, descritos a seguir:

I) *Grupo Cameroon*: apresenta genótipos com touceiras densas, porte ereto, colmos grossos, predominância de perfilhos basais, folhas largas e florescimento tardio, tendo como representantes algumas de suas cultivares mais conhecidas a Cameroon, Cameroon Piracicaba, Vruckwona, capim Cana D'África;

II) *Grupo Napier*: apresenta genótipos com touceiras abertas, colmos grossos, folhas largas e época de florescimento intermediária, sendo representado pelas cultivares mais conhecidas Napier, Mineiro, Taiwan A-146;

III) *Grupo Mercker*: apresenta genótipos de menor porte, colmos finos, folhas finas e mais numerosas, e época de florescimento precoce, destacando-se as cultivares Mercker México, Elefante B e Mercker Pinda;

IV) *Grupo anão*: suas principais características são o porte baixo (até 1,5 m de altura) e a sua elevada relação folha/colmo (entrenós curtos), tendo a cultivar *Mott* como principal representante. Não existem informações publicadas sobre os genes responsáveis pela altura da planta para o capim-elefante. Contudo, o caráter anão (*dwarf*) parece estar relacionado a alelos recessivos. Em milho, os alelos *dl* inibem três etapas de biossíntese do hormônio giberelina (responsável pela altura das plantas), exibindo o fenótipo característico deste grupo (Spray et al., 1996);

V) *Grupo dos híbridos interespecíficos*: é composto por genótipos que resultaram do cruzamento entre espécies de *Pennisetum* spp., principalmente entre *P. purpureum* e *P. glaucum*. Destacam-se as cultivares capim-elefante Paraíso (híbrido hexaplóide) e os híbridos triploides Mineiro x 23A (milheto), Napier x 23A e o HV-241 (Elefante B x 23A; Lira et al., 1999).

As estratégias de melhoramento consistem em hibridações intra e interespecíficas (capim-elefante x milheto) e seleção clonal (Lira et al., 2010), todas empregadas visando à seleção de genótipos superiores quanto às características: produtividade, resistência aos insetos-praga (ex.: cigarrinha das pastagens, *Zulia entreciana*) e doenças (ex.: mancha ocular, *Helminthosporium sacchari*), resistência ao pisoteio, florescimento tardio, tolerância à seca e ao encharcamento, ao alumínio e à salinidade (Ferreira & Pereira, 2005), e mais recentemente, a seleção de genótipos com maior teor de lignina e de celulose para a produção de carvão vegetal (Morais et al., 2009).

Segundo Hanna (1999), a hibridação entre clones de capim-elefante ($2n = 4x = 28$; genomas A'A'BB) constitui a melhor estratégia para se obter cultivares superiores.

Algumas de suas características (qualidade forrageira, tolerância à seca e às doenças) podem ser melhoradas quando genes do milho ($2n = 2x = 14$; genoma AA) são incorporados ao germoplasma do capim-elefante por meio de hibridações (Jauhar & Hanna, 1998; Leão et al., 2011). Deste cruzamento gera-se um híbrido interespecífico triploide ($2n = 3x = 21$; genomas AA'B), estéril, que morfologicamente se assemelha ao capim-elefante [por causa da maior contribuição genética ($\frac{2}{3}$ dos cromossomos) e da dominância do genoma "B" do *P. purpureum* sobre o genoma "A" do *P. glaucum*] e que apresenta algumas características intermediárias entre as duas espécies parentais (Ferreira & Pereira, 2005).

Nos Programas de Melhoramento, na escolha do método de melhoramento que melhor se adequa à cultura, pode-se lançar mão de análises biométricas, sobretudo das estimativas de parâmetros genéticos, como os coeficientes de herdabilidade (h^2) e de variação genético (CV_G), além do índice de variação ($b = CV_G/CV_E$). Estes parâmetros são de grande importância nos trabalhos do pesquisador, pois permitem obter informações da ação dos genes envolvidos na herança dos caracteres sob investigação, bem como fazer inferências sobre a predição de ganhos com a seleção (Cruz & Regazzi, 2001). Vários estudos já desenvolvidos (Daher et al., 2004; Silva et al., 2009; Silva et al., 2010a; Assis et al., 2010; Cunha et al., 2011) evidenciaram que os parâmetros genéticos de caracteres agrônômicos do capim-elefante, geralmente de natureza poligênica, variaram com o genótipo e com o ambiente, de modo que as informações obtidas são específicas para cada condição experimental.

Na seleção de genótipos superiores, tanto a adaptabilidade (definida como a capacidade de os genótipos aproveitarem vantajosamente o estímulo do ambiente), quanto a estabilidade (definida como a capacidade de os genótipos mostrarem comportamento altamente previsível em função do estímulo ambiental) são parâmetros utilizados para

estudar a interação genótipo x ambiente e, com isso, se obter informações pormenorizadas sobre o comportamento de cada genótipo frente às variações ambientais (Cruz & Regazzi, 2001). Entre os métodos baseados na análise de regressão linear, o de Eberhart & Russell (1966) é um dos mais utilizados, em que um índice ambiental é calculado através da subtração entre a média do ambiente e a média geral. Usando o índice ambiental como abscissa (X) e o valor observado do genótipo em determinado ambiente como ordenada (Y), obtém-se uma regressão linear para cada genótipo testado. O valor de β_1 estima a adaptabilidade do genótipo. Quando $\beta_1 < 1$ pode-se afirmar que os genótipos apresentam adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis, que respondem pouco à melhoria ambiental; $\beta_1 = 1$, corresponde a genótipos com adaptabilidade geral ou ampla, que respondem de forma mediana à melhoria ambiental; e $\beta_1 > 1$, corresponde a genótipos que apresentam adaptabilidade específica a ambientes favoráveis, sendo mais indicados para ambientes superiores. Neste método, a estabilidade é estimada pelo somatório dos desvios absolutos (σ^2_{di}), sendo de alta estabilidade ou previsibilidade quando $\sigma^2_{di} = 0$ e de baixa previsibilidade, quando $\sigma^2_{di} > 0$ (Cruz & Regazzi, 2001; Ferreira et al., 2006). Trabalhos dessa natureza em capim-elefante foram desenvolvidos por vários autores (Xavier et al., 1998; Daher et al., 2003; Dall’Agnol et al., 2005; Oliveira et al., 2011) e mostraram que os genótipos, dependendo do caráter avaliado, apresentaram diferentes comportamentos frente à variação ambiental.

Durante o processo de seleção de plantas, visando à escolha de genótipos superiores, é importante se assegurar quanto a sua superioridade genética. A análise de sucessivas medições de uma característica em um grupo de indivíduos é desejável no melhoramento genético de plantas perenes, uma vez que se espera que a superioridade ou a inferioridade inicial de um indivíduo se mantenha ao longo das medições. Portanto, o coeficiente de repetibilidade (r) valida esta expectativa (Cruz & Regazzi, 2001). Altos valores desse

coeficiente para quaisquer características indicam que é possível prever o valor real dos indivíduos com base em determinado número de medições. Quando uma característica possui alta repetibilidade, há indicativo de pouco ganho em acurácia com o aumento do número de medidas repetidas. No entanto, quando a repetibilidade apresenta baixos valores é necessário grande número de medições para se alcançar valor de determinação satisfatório. Assim, ao aumentar o número de medidas tomadas para determinada característica, diminui-se a variância temporária causada pelo ambiente e, evidentemente, reduz-se também a variância fenotípica, melhorando a acurácia do coeficiente de repetibilidade (Martuscello et al., 2007). Os trabalhos desenvolvidos por Shimoya et al. (2002), Daher et al. (2004), Oliveira (2007) e Viana et al. (2009), que avaliaram diferentes caracteres morfofisiológicos de *Pennisetum* spp., refletiram a influência do ambiente sobre as variáveis estudadas, sendo necessário maior ou menor número de medições necessárias para prever o valor real dos genótipos, a depender das condições ambientais.

O melhoramento de plantas forrageiras envolve três fases (Pereira et al., 2001). O Programa de Melhoramento do Capim-Elefante e de seus Híbridos com Milheto, desenvolvido por convênio firmado entre o Instituto Agrônomo de Pernambuco e a Universidade Federal Rural de Pernambuco (IPA/UFRPE), vem realizando pesquisas nas diferentes fases (Lira et al., 2010). A fase 1 corresponde à introdução e caracterização de germoplasma e/ou ao desenvolvimento de híbridos intra e/ou interespecíficos. Nesta etapa é comum a avaliação de um grande número de genótipos, onde são realizadas avaliações em pequenas parcelas para estimar o potencial produtivo e genético de variáveis agrônomo-bromatológicas, visando à seleção de genótipos superiores. Nesta fase, Silva et al. (2008) indicaram cruzamentos interespecíficos por produzir híbridos com teor de matéria seca adequado à produção de silagem (27%). Silva et al. (2009) selecionaram os genótipos Taiwan A. 146-2.27, Taiwan A. 146-2.37, Taiwan A. 146-2.114 e Merker

México 6.31 para serem utilizados sob corte, por apresentar maior altura e maior intensidade de perfilhamento total, além de maior desejabilidade.

A fase 2 compreende a avaliação do comportamento dos genótipos selecionados sob o efeito do pastejo em comparação às testemunhas conhecidas. Nesta fase, pela presença do animal, são utilizadas parcelas grandes. É importante salientar que, quando o objetivo do programa de melhoramento for desenvolver genótipos para corte, esta etapa não existe. Trabalhos dessa natureza foram desenvolvidos por Freitas et al. (2004), com vacas secas e com novilhas da raça Girolando, onde selecionaram os genótipos IRI 381 e Venezuela-AD para uso como pastejo. Cunha et al. (2007) também selecionaram o genótipo IRI 381, além do cultivar Elefante B para uso em sistema de lotação intermitente em Itambé, Zona da Mata de Pernambuco.

Na fase 3, os testes são realizados em sistemas reais de produção, sendo avaliado o desempenho animal. Freitas (2008) observou que os genótipos IRI 381, Venezuela-AD e Hexaplóide, além de não terem afetado a produção de leite e o consumo de vacas secas e de novilhas da raça Girolando, apresentaram as maiores produtividades, sendo selecionados para utilização sob pastejo.

Nitrogênio em *Pennisetum* spp.

Diversos estudos comprovaram que o N-fertilizante pode aumentar sensivelmente a produção de forragem e o valor nutritivo de capins tropicais, como o capim-elefante (Andrade et al., 2003; Martha Júnior et al., 2004; Márquez et al., 2007; Pegoraro et al., 2009; Vitor et al., 2009; Cruz et al., 2010). Pegoraro et al. (2009) observaram incremento linear para a massa de forragem do capim-elefante cv. Napier adubado com doses crescentes de N (0, 100, 200, 300 e 400 kg ha⁻¹ ano⁻¹), nos sistemas irrigado (65,4 Mg MS ha⁻¹ ano⁻¹) e não irrigado (59,7 Mg MS ha⁻¹ ano⁻¹). Do mesmo modo, Vitor et al. (2009) também observaram efeito linear para a produção de forragem, avaliando quatro níveis de

N (100, 300, 500 ou 700 kg ha⁻¹ ano⁻¹) e seis lâminas de água de irrigação (0, 20, 40, 80, 100 ou 120% da evapotranspiração de referência) do cultivar Napier. Mota et al. (2010), avaliando os mesmos tratamentos de Vitor et al. (2009) no cultivar Pioneiro, observaram efeito linear para a altura da planta (1,79 m com 700 kg N ha⁻¹ ano⁻¹) e para a produção de forragem (14,0 Mg MS ha⁻¹ corte⁻¹ com 700 kg N ha⁻¹ ano⁻¹). Magalhães et al. (2006), observaram efeito linear para a massa de forragem (8,7 Mg MS ha⁻¹ corte⁻¹) e para a altura da planta (1,13 m) com até 450 kg N ha⁻¹ ano⁻¹ no cultivar Napier. Do mesmo modo, Cruz et al. (2010) também observaram efeito linear para a altura e para a produção de forragem quando o cultivar Cameroon foi colhido aos 150 dias e adubado com até 150 kg N ha⁻¹. Zewdu et al. (2003) observaram que a resposta do acesso de capim-elefante ILRI 14984 foi quadrática, com comprimento máximo do entrenó de 16,9 cm com a dose de 46 kg N ha⁻¹. Porém, o efeito para a massa de forragem foi linear, com produção máxima 12,3 Mg MS ha⁻¹ corte⁻¹ na dose de 92 kg N ha⁻¹ corte⁻¹.

Parte do N-fertilizante aplicado não é absorvido pelas raízes, mas perdido para o ambiente. Martha Júnior et al. (2004) quantificaram as perdas por volatilização do NH₃⁺, a partir da aplicação de uréia ou de sulfato de amônio na superfície de uma pastagem de capim-elefante cv. Napier. Durante o verão, as perdas foram de 45,2 e de 12,0 kg ha⁻¹ para uréia e para o sulfato de amônio, respectivamente. Estes valores representaram 81 e 21% do N aplicado na área não vegetada. O pico de volatilização do NH₃⁺ ocorreu três dias após a aplicação dos tratamentos, chegando a 13,3 kg NH₃⁺ dia⁻¹. Redução significativa das perdas de NH₃⁺ em 90% (67,3 kg NH₃⁺ ha⁻¹) foi possível, pela incorporação da uréia com a aplicação de 14,6 mm de irrigação (Holcomb III, 2011). Devido a facilidade de perdas de N, Santos et al. (2008) recomendaram o uso de 40 kg N ha⁻¹, que deverão ser aplicados aos 15 dias após o plantio, e de até 80,0 kg N ha⁻¹ aplicados após cada corte, dependendo da disponibilidade hídrica. Esta recomendação é destinada à capineiras de capim-elefante que

produzem anualmente 10 Mg MS ha⁻¹ no Estado de Pernambuco. Se for admitido o valor de R\$ 28,0 pela saca de 25 kg de ureia, seguindo a recomendação citada, o produtor teria que investir R\$ 200,0 ha⁻¹ corte⁻¹, sem contabilizar os custos com a mão de obra. Admitindo-se que no ano sejam realizados cinco cortes, o produtor gastaria 440 kg N ha⁻¹ ano⁻¹ que, na forma de ureia (977 kg ha⁻¹ ano⁻¹), levaria a um custo anual de aproximadamente R\$ 1.095,0 ha⁻¹.

Desse modo, a obtenção de novos genótipos resulta da demanda crescente pela busca de plantas mais competitivas e menos exigentes em fertilidade do solo. A seleção de genótipos de *Pennisetum* spp. que apresentam a capacidade de fixar N biologicamente, por meio da associação simbiótica com bactérias diazotróficas, consiste em uma estratégia que vem sendo adotada para reduzir a dependência de N-fertilizante (Samson et al., 2005). Isto promoverá aumentos significativos, tanto na produção de forragem quanto na produção animal, através da possibilidade de uso de áreas marginais, onde se predomina o baixo uso de tecnologias agrícolas.

Fixação biológica de nitrogênio em *Pennisetum* spp.

Estudos sobre a fixação biológica do nitrogênio (FBN) associado ao capim-elefante ainda são muito incipientes, bem como os estudos sobre a ocorrência de bactérias fixadoras de N₂ associadas ao mesmo (Morais, 2008). Um trabalho pioneiro foi desenvolvido por Döbereiner et al. (1972) em que avaliaram a atividade da enzima nitrogenase (técnica de redução do acetileno) em diferentes pressões de O₂ (pO₂ de 0,0, 0,04 e 0,20 atm) na rizosfera do capim-elefante. Os autores observaram que a maior atividade desta enzima ocorreu sob pO₂ de 0,04 atm, produzindo 0,694 nmol C₂H₄ g⁻¹ raiz seca h⁻¹. Atividade da nitrogenase muito alta, também em capim-elefante, foi encontrada por Dommergues et al. (1973), de 4,0 nmol C₂H₄ g⁻¹ raiz seca h⁻¹, e por Day et al. (1975), na ordem de 754 nmol C₂H₄ g⁻¹ raiz seca h⁻¹.

Após a descoberta dos meios semi-sólidos, específicos para cada diazotrofo ou para um grupo deles [NFb (*A. lipoferum* e *A. brasilense*), LGI (*A. amazonense*), JNFb (*H. frisingense* e *H. seropedicae*) e LGI-P (*G. diazotrophicus*)], uma série de sistemas puderam ser isolados e identificados (Döbereiner et al., 1995). Olivares et al. (1996) isolaram a bactéria *H. seropedicae* em raízes de capim-elefante. Kirchof et al. (1997), utilizando os meios NFb, JNFb e LGI, isolaram 34 estirpes de *Herbaspirillum* spp. (presentes nas raízes e na parte aérea de várias variedades de capim-elefante), com população variando de 10^5 a 10^6 g⁻¹ peso fresco. Além da *H. seropedicae* em raízes, Kirchof et al. (2001) identificaram a bactéria *H. frisingense* presente nas raízes e nos colmos do capim-elefante. Lange & Moreira (2002) isolaram *A. amazonense* habitando de forma facultativa o solo, rizosfera e as raízes de um pasto de capim-elefante. Do mesmo modo, Silva et al. (2010b), em Itambé/PE, identificaram o *Azospirillum* spp. e *Gluconacetobacter diazotrophicus*, habitando a ecto e a endorrizosfera do capim-elefante, respectivamente.

Com o emprego de técnicas baseadas nos isótopos ¹⁵N, puderam quantificar mais eficientemente a contribuição da FBN. Nos resultados de Reis et al. (2001), em que avaliaram a fixação em 14 genótipos de *Pennisetum* spp., utilizando a técnica da abundância natural de ¹⁵N, puderam observar que a contribuição da FBN variou de 14% para o cultivar Mercker até 41% para o cultivar Mineiro. Morais et al. (2009), observaram valores variando de 21 a 43% para o cv. Roxo, e de 29 a 41% para o acesso BAG 02. O maior valor obtido por estes autores foi para o acesso PGL F06-3, com FBN de 52%. Morais et al. (2011) observaram que, em média, genótipos de capim-elefante obtiveram entre 18 até 70% de N via FBN, correspondendo a 36 e 132 kg N ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente.

Silva et al. (2010b), observaram que a época do ano influenciou a FBN em uma pastagem de *P. purpureum*. Considerando a altura de corte de 5,0 cm, na estação chuvosa

(abril), a contribuição foi de 26,4%. No início da estação seca (agosto), a contribuição reduziu para 13,0%. Esses autores também observaram que a adubação nitrogenada na forma de sulfato de amônio (80 kg N ha⁻¹) inibiu a população de bactérias diazotróficas. Reis Júnior et al. (2000) e Perin et al. (2004), em cana-de-açúcar, também observaram diminuição da diversidade de diazotrofos, principalmente de *G. diazotrophicus*, com a fertilização nitrogenada.

Uso de *Pennisetum* spp. para fins bioenergéticos

Em recentes décadas, a pesquisa em busca de alternativas para o uso de combustíveis fósseis está aumentando globalmente. Existe uma grande expectativa em torno do possível benefício econômico gerado pelo uso de combustíveis renováveis no setor agrícola, tais como o etanol (produzido a partir da cana-de-açúcar), a madeira de eucalipto (*Eucalyptus saligna* e *E. grandis*), e a obtenção de energia térmica a partir do carvão ou queima direta da fitomassa de plantas (Morais et al., 2009). Segundo Samson et al. (2005), a oportunidade para o desenvolvimento de biocombustíveis está ocorrendo em face do aumento do preço dos combustíveis fósseis, da necessidade de reduzir os gases responsáveis pelo efeito estufa, e da crescente preocupação da segurança energética dos países.

Estimativas do Conselho Europeu de Energia Renovável mostraram que em 2010, do total de energia global consumida (10.549 Mtep, megatoneladas equivalente petróleo), as fontes energéticas renováveis contribuíram com 16,6%, destacando-se a fitomassa com contribuição de 12,45% (1.313 Mtep). Em 2040, do total de energia a ser consumida (13.310 Mtep), as fontes renováveis contribuirão com 47,7%, com destaque novamente para a fitomassa, que contribuirá com 24,58% (3.271 Mtep) (EREC, 2011). Este cenário torna bastante promissora a possibilidade de investimentos em pesquisas que buscam melhorar os recursos genéticos já existentes, bem como buscar por novos genótipos,

tornando-se fundamental o papel do melhoramento genético. Anderson et al. (2008), por exemplo, observaram variabilidade genética entre linhagens de *Cynodon* spp., capim-elefante e *Arundo* sp. para a produção de etanol, podendo-se empregar métodos de melhoramento para seleção de genótipos superiores.

O capim-elefante é utilizado como fonte renovável de energia e sua fitomassa pode ser utilizada na queima direta e na produção de carvão vegetal (produção de energia térmica; Flores, 2009), na gaseificação (produção de energia elétrica; Fernandes & Sánchez, 2003), na produção de biogás e de bio-óleo (Strezov et al., 2008), e de etanol (Anderson et al., 2008). Na Flórida/EUA, as pesquisas tiveram início na década de 1980, após a sequência de embargos ao petróleo (Woodard & Sollenberger, 2008). No Brasil, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) de São Paulo iniciou as pesquisas em 1991. Na Embrapa Agrobiologia existe um programa que objetiva usar capim-elefante em substituição à madeira como combustível, e para a produção de carvão para a indústria metalúrgica (Reis et al., 2001). Isto porque se trata de uma espécie perene, de metabolismo fotossintético C₄, com grande capacidade de conversão da energia solar em energia química (Sommerville et al., 2010), alta eficiência no uso da água (591 g água g⁻¹ MS; Santos et al., 2011) e no uso do N (28 kg MS kg⁻¹ N; Márquez et al., 2007), podendo atingir produções diárias superiores a 200 kg MS ha⁻¹ (Gomide, 1994).

Os objetivos do Programa de Melhoramento do Capim-Elefante divergem quando os genótipos são destinados ou à produção animal ou à produção de energia. No primeiro caso, procura-se melhorar o valor nutritivo da forragem, buscando o máximo de desempenho animal (Ferreira & Pereira, 2005). No segundo caso, os objetivos implicam em, além do aumento da produtividade, o aumento na fitomassa de celulose, hemicelulose e de lignina (fibra em detergente neutro, FDN), cuja concentração varia com o tipo de biocombustível a ser produzido. Para produção de etanol, o aumento da digestibilidade e

do teor de FDN é recomendável, uma vez que Anderson et al. (2008) observaram que a produção de etanol (método de escarificação e fermentação) foi correlacionada negativamente com o teor de lignina ($r = -0,78$; $P < 0,0001$) e com a fibra em detergente ácido (celulose e lignina, FDA) ($r = -0,62$; $P < 0,0004$); e correlacionada positivamente com a digestibilidade ($r = 0,64$; $P < 0,0001$). Para produção de energia térmica, o aumento da FDA é desejável pelo elevado poder calorífico, com destaque para a lignina, por conter em sua estrutura, aproximadamente, 64% de carbono (Xie et al., 2011). Se plantas com estas características forem ofertadas aos animais, a degradação de polissacarídeos da parede celular em açúcares fermentáveis pelos microorganismos do rúmen será limitada pelo alto teor de lignina (Wilson & Mertens, 1995).

Em um Argissolo, Morais et al. (2009) observaram variação no teor de lignina de 9,7% para o cultivar Cameroon até 13,5% para o acesso BAG 02. Para o teor de celulose, a média geral dos genótipos cultivados foi de 28,2%. Com base nessas informações e na produtividade (61,9 e 66,6 Mg MS ha⁻¹, respectivamente), os autores recomendaram esses clones como os mais promissores para a produção de energia térmica a partir da queima direta. Considerando a digestibilidade (35,9%) e os teores de FDA (49,1%) e de lignina (7,9%), Anderson et al. (2008) indicaram os colmos do capim-elefante cv. “N 190” para a produção de energia térmica, uma vez que foram responsáveis por 59% da produção MS.

Strezov et al. (2008) demonstraram que a pirólise do cultivar Napier pode produzir biogás com poder calorífico suficiente para fornecer o calor interno da pirólise. Este estudo possibilitou estimar que o capim-elefante tem o potencial para produzir 1,2 Gt (gigatoneladas, 10⁹) de carvão (que corresponde a 4,7 vezes a produção de carvão produzido no mundo em 2007) e 2,0 Gt de bio-óleo ano⁻¹ (equivalente a 55% da produção mundial total de petróleo bruto no mesmo ano).

A utilização do capim-elefante como matéria prima para funcionamento de um gerador, acoplado a um gaseificador de fitomassa para a produção de energia elétrica para comunidades rurais de Campinas/SP foi avaliada por Fernandes & Sánchez (2003). Na ocasião, o custo da eletricidade produzida foi calculado em função do preço do diesel e mostrou viabilidade no uso dessa nova tecnologia, uma vez que o custo da eletricidade com o uso do capim-elefante ficou em R\$ 0,16 kWh⁻¹, do diesel R\$ 0,23 kWh⁻¹ e o da Companhia Paulista de Força e Luz, R\$ 0,17 kWh⁻¹. Admitindo-se que em 1,0 ha de capim-elefante se produz 25 Mg MS, pode-se gerar 450 GJ ha⁻¹, o equivalente a 42 MWh ha⁻¹, superando a cana-de-açúcar (26 MWh ha⁻¹) e o eucalipto (35 MWh ha⁻¹), segundo Andreoli (2008).

A análise econômica da produção de etanol a partir do capim-elefante cv. “Banagrass”, da cana-de-açúcar e do eucalipto realizada por Tran et al. (2011) no Havaí, evidenciou que a produtividade de 21,5 Mg MS acre⁻¹ (1 acre = 0,4047 ha) do capim-elefante permitiu uma produtividade de 1440,5 galões etanol acre⁻¹. Após a conversão em etanol, somente a produção de capim-elefante mostrou receita líquida positiva devido à alta produção de energia desta espécie. Eucalipto apresentou receita líquida negativa, superando a cana-de-açúcar. Segundo Jessup (2009), espécies que requerem três anos ou mais para atingirem o máximo potencial produtivo, como o eucalipto, terão menores potenciais econômicos, confirmando os resultados. Os estudos de conversão de matéria prima celulósica em etanol ainda estão sob investigação, devendo-se interpretar estes resultados com cautela.

Estas informações demonstraram a importância do melhoramento genético em selecionar genótipos mais eficientes no uso de N e que apresentem associações simbióticas com bactérias diazotróficas, permitindo a redução da dependência de N-fertilizante, dos custos de produção e ainda, dos impactos ambientais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, W.F.; DIEN, B.S.; BRANDON, S.K. et al. Assessment of Bermudagrass and Bunch grasses as feedstock for conversion to ethanol. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v.145, p.13-21, 2008.
- ANDRADE, A.C.; FONSECA, D.M.; QUEIROZ, D.S. et al. Adubação nitrogenada e potássica em capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Napier). **Ciência e Agrotecnologia**, Edição Especial, p.1643-1651, 2003.
- ANDREOLI, C. Convergência de agricultura e energia: I. produção de biomassa celulósica para biocombustíveis e eletricidade. **Revista Economia e Energia**, v.12, n.66, p.3-14, 2008.
- ASSIS, L.C.S.L.C.; LIRA, M.A.; SANTOS, M.V.F. et al. Estimativa de parâmetros genéticos sob duas estratégias de avaliação em híbridos intra e interespecíficos de capim-elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.12, p.2589-2597, 2010.
- BARRETO, G.P.; LIRA, M.A.; SANTOS, M.V. et al. Produção total de matéria seca e taxa de sobrevivência de clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) e seus híbridos com o milheto [*Pennisetum americanum* (L.) Leeke] submetidos a estresse hídrico. **Pasturas Tropicais**, v.27, p.27-33, 2005.
- BAYBLE, T.; MELAKU, S.; PRASAD, N.K. Effects of cutting dates on nutritive value of Napier (*Pennisetum purpureum*) grass planted sole and in association with desmodium (*Desmodium intortum*) or lablab (*Lablab purpureus*). **Livestock Research for Rural Development**, v.19, p.1-15, 2007.
- CAMPBELL, C.S. *Poaceae*. In **Encyclopædia Britannica**. Disponível em: <www.britannica.com/EBchecked/topic/465603/Poaceae>. Acesso em 15 nov. 2011.
- CARNEIRO, M.S.S.; SOUZA, P.Z.; PEIXOTO, M.J.A. et al. Efeito do consórcio de capim-elefante com leucena na produção de forragem. **Revista Caatinga**, v.19, n.1, p.51-55, 2006.
- CAVALCANTE, M.; LIRA, M.A. Variabilidade genética em *Pennisetum purpureum* Schumacher. **Revista Caatinga**, v.23, n.2, p.153-163, 2010.
- COSTA, N.L. Adubação nitrogenada e consorciação de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* cv. Cameroon) com leguminosas forrageiras tropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, n.3, p.401-408, 1995.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2 ed. Viçosa: Editora UFV, 2001. 390p.
- CRUZ, R.S.; SANTOS, A.C.; CASTRO, J.G.D. et al. Produtividade do Capim-Cameroon estabelecida em duas classes de solos e submetido a doses crescentes de nitrogênio no norte tocantinense. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.32, n.4, p.393-399, 2010.

CUNHA, M.V.; LIRA, M.A.; SANTOS, M.V.F. et al. Association between the morphological and productive characteristics in the selection of elephant grass clones. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.3, p.482-488, 2011.

CUNHA, M.V.; SANTOS, M.V.F.; LIRA, M.A. et al. Genótipos de capim-elefante sob pastejo no período de seca na Zona da Mata de Pernambuco: fatores relacionados à eficiência de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.3, p.540-549, 2007.

DAHER, R.F.; MALDONADO, H.; PEREIRA, A.V. et al. Estimativa de parâmetros genéticos e de coeficiente de repetibilidade de caracteres forrageiros em clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.26, n.4, p.483-490, 2004.

DAHER, R.F.; PEREIRA, M.G.; AMARAL JÚNIOR, A.T. et al. Estabilidade da produção forrageira em clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). **Ciência e Agrotecnologia**, v.27, n.4, p.788-797, 2003.

DALL'AGNOL, M.; SCHEFFER-BASSO, S.M.; NASCIMENTO, J.A.L. et al. Produção de forragem de capim-elefante sob clima frio. 2. Produção e Seletividade Animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.2, p.425-432, 2005.

DAY, J.M.; NEVES, M.C.P.; DÖBEREIMER, J. Nitrogenase activity on the roots of tropical forage grasses. **Soil Biology and Biochemistry**, v.7, p.107-112, 1975.

DÖBEREINER, J.; BALDANI, V.L.D.; BALDANI, J.I. **Como isolar e identificar bactérias diazotróficas de plantas não-leguminosas**. Brasília: Embrapa/SPI/CNPAB, 1995. 60p.

DÖBEREINER, J.; DAY, J.M.; DART, P.J. Nitrogenase activity in the rhizosphere of sugar cane and some other tropical grasses. **Plant and Soil**, v.37, p.191-196, 1972.

DOMMARGUES, Y.; BALANDREAU, J.; RINAUDO, G. et al. Non-symbiotic nitrogen fixation in the rhizo-spheres of rice, maize and different tropical grasses. **Soil Biology and Biochemistry**, v.5, p.83-89, 1973.

EBERHART, S.A.; RUSSELL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, v.6, n.1, p.36-40, 1966.

EREC: European Renewable Energy Council. **Renewable energy scenario by 2040**. Disponível em: <<http://www.erec.org>>. Acesso em 15 nov. 2011.

FERNANDES, M.C.; SÁNCHEZ, C.G. Projeto gaseificação de gramínea (*Pennisetum purpureum*). In: **Proceedings of the 3º Encontro de Energia no Meio Rural**, Campinas: UNICAMP, 2003. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC000000002200000200002&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 15 nov. 2011.

FERREIRA, D.F.; DEMÉTRIO, C.G.B.; MANLY, B.F.J. et al. Statistical models in agriculture: biometrical methods for evaluating phenotypic stability in plant breeding. **Revista Cerne**, v.12, n.4, p.373-388, 2006.

FERREIRA, R.P.; PEREIRA, A.V. Melhoramento de forrageiras. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: Editora UFV, 2005. p.781-812.

FLORES, R.A. **Produção de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) para fins energéticos no cerrado: resposta a adubação nitrogenada e idade de corte**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2009. 80p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2009.

FREITAS, E.V. **Caracterização de pastos, consumo e desempenho de vacas em pastagens de *Pennisetum* sp.** Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2008. 94p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2008.

FREITAS, E.V.; LIRA, M.A.; DUBEUX JÚNIOR, J.C.B. et al. Características produtivas e qualitativas de clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) avaliados sob pastejo na zona da mata de Pernambuco. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.26, n.2, p.251-257, 2004.

GOMIDE, J.A. Formação e utilização de capineira de capim-elefante. In: CARVALHO, M.M.; ALVIM, M.J.; XAVIER, D.F. (Eds.). **Capim-elefante: produção e utilização**. Coronel Pacheco: Embrapa/CNPGL, 1994. p. 81-116.

GUERRA, L.J.C. **Las gramíneas (*Poaceae*) de Cuba, II**. Madrid: Real Jardín Botánico, 2002. 167p.

HANNA, W.W. Melhoramento do capim-elefante. In: PASSOS, L.P.; CARVALHO, L.A.; MARTINS, C.E. et al. (Eds.). **Biologia e Manejo do capim-elefante**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 1999. p.17-28.

HAROUN, S.A. Cytogenetic studies on some species of genus *Pennisetum* L. (Rich) *Poaceae*. **Journal of American Science**, v.6, p.208-215, 2010.

HOLCOMB III, J.C. **Enhanced efficiency nitrogen fertilizers for nitrogen management in the Columbia Basin, Oregon**. Oregon: Oregon State University, 2011. 180p. Thesis (Master of Science) - Oregon State University, United States, 2011.

JAUHAR, P.P.; HANNA, W.W. Cytogenetics and genetics of pearl millet. **Advances in Agronomy**, v.64, p.1-26, 1998.

JESSEP, R.W. Development and status of dedicated energy crops in the United States. **In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant**, v.45, p.282-290, 2009.

KHAN, Z.I.; ASHRAF, M.; VALLEM, E.E. Forage mineral status evaluation: the influence of pastures. **Pakistan Journal of Botany**, v.38, p.1043-1054, 2006.

KIRCHHOF, G.; ECKERT, B.; STOFFELS, M. et al. *Herbaspirillum frisingense* sp. nov., a new nitrogen-fixing bacterial species that occurs in C₄-fibre plants. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v.51, p.157-168, 2001.

KIRCHHOF, G.; REIS, V.M.; BALDANI, J.I. et al. Occurrence, physiological and molecular analysis of endophytic diazotrophic bacteria in gramineous energy plants. **Plant and Soil**, v.194, p.45-55, 1997.

LANGE, A.; MOREIRA, F.M.S. Detecção de *Azospirillum amazonense* em raízes e rizosfera de *Orchidaceae* e de outras famílias vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, n.2, p.529-533, 2002.

LEÃO, F.F.; DAVIDE, L.C.; CAMPOS, J.M.S. et al. Genomic behavior of hybrid combinations between elephant grass and pearl millet. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.7, p.712-719, 2011.

LIRA, M.A.; CUNHA, M.V.; PEREIRA, A.V. Melhoramento genético do capim-elefante. In: LIRA, M.A.; SANTOS, M.V.F.; DUBEUX JÚNIOR, J.C.B. et al. (Eds.). **Capim-elefante: fundamentos e perspectivas**. Recife: IPA/UFRPE, 2010. p.31-48.

LIRA, M.A.; DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; OLIVEIRA, C.F. et al. Competição de cultivares de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) e de híbridos de capim-elefante x milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke) sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.5, p.936-946, 1999.

MAGALHÃES, J.A.; LOPES, E.A.; RODRIGUES, B.H.N. et al. Influência da adubação nitrogenada e da idade de corte sobre o rendimento forrageiro do capim-elefante. **Ciência Agrônômica**, v.37, n.1, p.91-96, 2006.

MÁRQUEZ, F.; SÁNCHEZ, J.; UBANO, D. et al. Evaluación de la frecuencia de corte y tipos de fertilización sobre tres genotipos de pasto elefante (*Pennisetum purpureum*). 1. Rendimiento y contenido de proteína. **Zootecnia Tropical**, v.25, p.253-259, 2007.

MARTHA JÚNIOR, G.B.; CORSI, M.; TRIVELIN, P.C.O. et al. Nitrogen recovery and loss in a fertilized elephant grass pasture. **Grass and Forage Science**, v.59, p.80-90, 2004.

MARTUSCELLO, J.A.; JANK, L.; FONSECA, D.M. et al. Repetibilidade de caracteres agrônômicos em *Panicum maximum* Jacq. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1975-1981, 2007.

MORAIS, R.F. **Potencial produtivo e eficiência da fixação biológica de nitrogênio de cinco genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), para uso como fonte alternativa de energia**. Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2008. 87p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2008.

MORAIS, R.F.; QUESADA, D.M.; REIS, V.M. et al. Contribution of biological nitrogen fixation to elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.). **Plant and Soil**, v.347, p.1-12, 2011.

MORAIS, R.F.; SOUZA, B.J.; LEITE, J.M. et al. Elephant grass genotypes for bioenergy production by direct biomass combustion. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.2, p.133-140, 2009.

MOTA, V.J.G.; REIS, S.T.; SALES, E.C.J. et al. Lâminas de irrigação e doses de nitrogênio em pastagem de capim-elefante no período seco do ano no norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.6, p.1191-1199, 2010.

MUTEGI, J.K.; MUGENDI, D.N.; VERCHOT, L.V. et al. Combining Napier grass with leguminous shrubs in contour hedgerows controls soil erosion without competing with crops. **Agroforest Systems**, v.74, p.37-49, 2008.

OLIVARES, F.L.; BALDANI, V.L.D.; REIS, V.M. et al. Occurrence of the endophytic diazotrophs *Herbaspirillum* spp. in roots, stems, and leaves, predominantly of Gramineae. **Biology & Fertility of Soils**, v.21, p.197-200, 1996.

OLIVEIRA, T.N. **Estimativas de parâmetros genéticos na avaliação de clones de *Pennisetum* spp. sob pastejo**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2007, 99p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2007.

OLIVEIRA, T.N.; SANTOS, M.V.F.; LIRA, M.A. et al. Estabilidade e adaptabilidade de clones de *Pennisetum* sp. sob pastejo. Mancha ocular. **Archivos de Zootecnia**, v.60, n.231, p.725-732, 2011.

OWINO, J.O.; OWIDO, S.F.O.; CHEMELIL, M.C. Nutrients in runoff from a clay loam soil protected by narrow grass strips. **Soil & Tillage Research**, v.88, p.116-122, 2006.

PEGORARO, R.F.; MISTURA, C.; WENDLING, B. et al. Manejo da água e do nitrogênio em cultivo de capim-elefante. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, n.2, p.461-467, 2009.

PEREIRA, A.V. Escolha de variedades de capim-elefante. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 10., 1992, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1992. p.45-62.

PEREIRA, A.V.; VALLE, C.B.; FERREIRA, R.P. et al. Melhoramento de forrageiras tropicais. In: NASS, L.L.; VALOIS, A.C.C.; MELLO, I.S. et al. (Eds.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas**. Rondonópolis: Fundação MT. 2001. p.550-601.

PERIN, L.; BALDANI, J.I.; REIS, V.M. Diversidade de *Gluconacetobacter diazotrophicus* isolada de plantas de cana-de-açúcar cultivadas no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.8, p.763-770, 2004.

REIS JÚNIOR, F.B.; REIS, V.M.; URQUIAGA, S. et al. Influence of nitrogen fertilization on the population of diazotrophic bacteria *Herbaspirillum* spp. and *Acetobacter diazotrophicus* in sugar cane (*Saccharum* spp.). **Plant and Soil**, v.219, p.153-159, 2000.

REIS, V.M.; REIS JÚNIOR, F.B.; QUESADA, D.M. et al. Biological nitrogen fixation associated with tropical pasture grasses. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.28, p.837-844, 2001.

SAMSON, R.; MANI, S.; BODDEY, R. et al. The potential of C₄ perennial grasses for developing a global BIOHEAT industry. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 24, p. 461-495, 2005.

SANTOS, J.C.P.; CAVALCANTI, F.J.A. Fertilidade do solo. In: CAVALCANTI, F.J.A. (Ed.). **Recomendação de adubação para o Estado de Pernambuco: 2ª aproximação**. 3 ed. Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), 2008. p.28-34.

SANTOS, M.C.S.; LIRA, M.A.; TABOSA, J.N. et al. Comportamento de clones de *Pennisetum* submetidos a períodos de restrição hídrica controlada. **Archivos de Zootecnia**, v.60, n.229, p.31-39, 2011.

SHIMOYA, A.; PEREIRA, A.V.; FERREIRA, R.P. et al. Repetibilidade de caracteres forrageiros de capim-elefante. **Scientia Agrícola**, v.59, n.2, p.227-234, 2002.

SILVA, A.L.C.; SANTOS, M.V.F.; FERREIRA, R.L.C. et al. Variabilidade e herdabilidade de caracteres qualitativos relacionados à qualidade de forragem de clones de capim-elefante na Zona da Mata de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.1, p.39-46, 2010a.

SILVA, L.L.G.G.; ALVES, G.C.; RIBEIRO, J.R.A. et al. Fixação biológica de nitrogênio em pastagens com diferentes intensidades de corte. **Archivos de Zootecnia**, v.59, n.225, p.21-30, 2010b.

SILVA, M.C.; SANTOS, M.V.F.; LIRA, M.A. et al. Ensaio preliminares sobre autofecundação e cruzamentos no melhoramento do capim-elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.3, p.401-410, 2008.

SILVA, S.H.B.; SANTOS, M.V.F.; LIRA, M.A. et al. Uso de descritores morfológicos e herdabilidade de caracteres em clones de capim-elefante de porte baixo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.8, p.1451-1459, 2009.

SOMMERVILLE, C.; YOUNGS, H.; TAYLOR, C. et al. Feedstocks for lignocellulosic biofuels. **Science**, v.329, p.790-792, 2010.

SPRAY, C.R., KOBAYASHI, M.; SUZUKI, Y. et al. The dwarf-1 (*dl*) mutant of *Zea mays* blocks three steps in the gibberellins biosynthetic pathway. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.93, n.19, p.10515-10518, 1996.

STREZOV, V.; EVANS, T.J.; HAYMAN, C. Thermal conversion of elephant grass (*Pennisetum Purpureum* Schum.) to bio-gas, bio-oil and charcoal. **Bioresource Technology**, v.99, p.8394-8399, 2008.

TRAN, N.; ILLUKPITIYA, P.; YANAGIDA, J.F. et al. Optimizing biofuel production: an economic analysis for selected biofuel feedstock production in Hawaii. **Biomass & Bioenergy**, v.35, p.1756-1764, 2011.

TROPICAL FORAGES. *Pennisetum purpureum*. Disponível em: <www.tropicalforages.info/key/Forages/Media/Html/Pennisetum_purpureum.htm>. Acesso em 15 nov. 2011.

VIANA, B.L.; MELLO, A.C.L.; LIRA, M.A. et al. Repetibilidade e respostas de características morfofisiológicas e produtivas de capim-elefante de porte baixo sob pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.12, p.1731-1738, 2009.

VITOR, C.M.T.; FONSECA, D.M.; CÓSER, A.C. et al. Produção de matéria seca e valor nutritivo de pastagem de capim-elefante sob irrigação e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.3, p.435-442, 2009.

WILSON, J.R.; MERTENS, D.R. Cell wall accessibility and cell structure limitations to microbial digestion of forage. **Crop Science**, v.35, p.251-259, 1995.

WOODARD, K.R.; SOLLENBERGER, L.E. **Production of biofuel crops in Florida: elephantgrass**. Florida: University Florida IFAS Extension, 2008. 3p.

XAVIER, D.F.; BOTREL, M.A.; VERNEQUE, R.S. et al. Estabilidade da produção de forragem de cultivares de capim-elefante em solo com baixa disponibilidade de nitrogênio. **Pasturas Tropicais**, v.20, n.2, p.35-40, 1998.

XIE, X.M.; ZHANG, X.Q.; DONG, Z.X. et al. Dynamic changes of lignin contents of MT-1 elephant grass and its closely related cultivars. **Biomass & Bioenergy**, v.35, p.1732-1738, 2011.

ZEWDU, T.; BAARS, R.M.T.; YAMI, A. Effect of plant height at cutting and fertilizer on growth of Napier grass (*Pennisetum purpureum*). **Tropical Science**, v.42, p.57-61, 2003.

Capítulo 2

POTENCIAL PRODUTIVO DE GENÓTIPOS DE *Pennisetum* spp. SOB NÍVEIS DE NITROGÊNIO NA ZONA DA MATA DE PERNAMBUCO

RESUMO

Objetivou-se avaliar o potencial produtivo, a adaptabilidade e a estabilidade de 16 genótipos de *Pennisetum* spp., sob a influência de quatro níveis de nitrogênio, durante seis ciclos de avaliação. O experimento foi implantado em 2009, na Estação Experimental de Itambé, do Instituto Agrônomo de Pernambuco, sob o delineamento em blocos ao acaso, no esquema de parcelas subdivididas, sendo a parcela principal, quatro níveis de nitrogênio (N) (controle, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹ corte⁻¹) e as subparcelas, 16 genótipos (G) de *Pennisetum* spp. (10 novos híbridos interespecíficos, um híbrido interespecífico cultivado e cinco cultivares de capim-elefante). Os ciclos (CI) compreenderam avaliações em 2010 (21/04, 19/07 e 28/09) e em 2011 (06/01, 07/04 e 03/08). A massa de forragem (MF), o comprimento da folha (CF), a largura da folha (LF) e o comprimento do entrenó (CE) sofreram influência da interação tripla (N x G x CI). O novo híbrido, IPA-7 (Pioneiro x IPA Bulk-1), não foi influenciado pela interação, apresentou adaptabilidade geral ($\beta_1 = 1$) e alta estabilidade ($\sigma^2_{di} = 0$), atingindo valores médios de 0,88 kg MS touceira⁻¹ corte⁻¹, 76,24 cm e 78,79 mm, para a MF, CF e CE, respectivamente. Portanto, este híbrido poderá ser selecionado para a próxima fase do Programa de Melhoramento de *Pennisetum* spp.

Palavras-chave: Adaptabilidade, estabilidade, medidas repetidas, *Pennisetum glaucum*, *Pennisetum purpureum*.

**YIELD POTENTIAL OF *Pennisetum* spp. GENPTYPES UNDER NITROGEN
LEVELS IN THE FOREST ZONE OF PERNAMBUCO**

ABSTRACT

Aimed to evaluate the productive potential, the adaptability and stability of 16 *Pennisetum* spp. genotypes under the influence of four nitrogen levels in six evaluation cycles. The experiment was carried out in 2009, at the Itambé Experimental Station, Agricultural Research Institute – IPA, Northeast Brazil, under randomized block design in split plots scheme, being allocated in the main plot four nitrogen (N) levels (control, 30, 60 and 90 kg ha⁻¹ cut⁻¹) and 16 *Pennisetum* spp. genotypes (G) in subplots (10 new interspecific hybrids, one cultivated interspecific hybrid and five elephant grass varieties). The cycles (CY) comprised evaluations in 2010 (04/21, 07/19 and 09/28) and 2011 (01/06, 04/07 and 08/03). The forage mass (FM), the leaf length (LL), the leaf width (LW) and the internode length (IL) were influenced by triple interaction (N x G x CY). The new hybrid, IPA-7 (“Pioneiro” x IPA Bulk-1), was not influenced by the interaction, showed general adaptability ($\beta_1 = 1$) and high stability ($\sigma^2_{di} = 0$), reaching average of 0.88 kg DM shoot⁻¹ cut⁻¹, 76.24 cm and 78.79 mm for FM, LL and IL, respectively. This hybrid can be selected for the next phase of the Breeding Program of *Pennisetum* spp.

Key words: Adaptability, *Pennisetum glaucum*, *Pennisetum purpureum*, repeated measures, stability.

INTRODUÇÃO

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) pertence à família poácea, sendo uma das mais importantes forrageiras cultivadas, devido ao seu elevado potencial de produção de matéria seca, palatabilidade, vigor e persistência, além de ser adaptado a quase todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo (Ferreira & Pereira, 2005). É uma espécie que pode ser cultivada sob as formas de capineira, pastejo (Lira et al., 2010) e também em consórcio (Carneiro et al., 2006). Algumas de suas características (qualidade forrageira, tolerância à seca e às doenças) podem ser melhoradas quando genes do milheto [*P. glaucum* (L.) R. Brown] são incorporados ao germoplasma do capim-elefante através de hibridações (Jauhar & Hanna, 1998).

A obtenção de novos genótipos, seja por hibridações intra ou interespecíficas, resulta da demanda crescente pela busca por plantas mais competitivas, adaptadas a diferentes condições de fertilidade do solo, com menor sazonalidade de produção, maior resistência aos insetos-praga e doenças, entre outros atributos de interesse. No Brasil, das Instituições de pesquisa que atuam no melhoramento do capim-elefante, destaca-se o Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), conveniado com a Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Estes, nos últimos anos, desenvolveram significativo número de híbridos que se encontram em fases avançadas de melhoramento (Lira et al., 2010).

De acordo com Lira et al. (1996), a deficiência nutricional do solo constitui um dos problemas determinantes no estabelecimento e na manutenção das pastagens melhoradas. Dos nutrientes, o nitrogênio, por ser um dos constituintes da molécula de DNA, dos aminoácidos livres e protéicos, além de participar das moléculas de clorofila, é um dos elementos mais limitante na produção de forragem nas condições tropicais. Segundo Primavesi et al. (2004), o nitrogênio está entre os fatores mais importantes a determinar a

produção por área, além de promover incrementos na produção de matéria seca das forrageiras com alto potencial de produção, como o capim-elefante (Andrade et al., 2003).

A recomendação de nitrogênio para o capim-elefante no Estado de Pernambuco, espaçado a 1,0 m entre linhas, com produtividade média de 10,0 Mg MS ha⁻¹ ano⁻¹, é de 40,0 kg ha⁻¹ aplicados aos 15 dias após o plantio e de 80,0 kg ha⁻¹ aplicados após cada corte, dependendo das condições de umidade do solo (Santos et al., 2008). Contudo, torna-se necessário gerar genótipos de *Pennisetum* spp. que apresentem incrementos produtivos sob baixos níveis de N, considerando os custos com este insumo e com mão de obra.

O estudo da adaptabilidade e da estabilidade consiste em uma ferramenta adicional que permite ao melhorista obter informações pormenorizadas sobre o comportamento de cada genótipo frente às variações ambientais, tornando-se possível a identificação daqueles que tenham comportamento previsível e que sejam responsivos às variações ambientais, em condições específicas ou amplas (Cruz & Regazzi, 2001). Desse modo, o estudo da interação genótipo x nitrogênio permitirá a identificação e a seleção de genótipos promissores.

Objetivou-se avaliar o potencial produtivo, estimar a adaptabilidade e a estabilidade de 16 genótipos de *Pennisetum* spp., sob quatro níveis de N, avaliados por seis ciclos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em 2009 na Estação Experimental do IPA, localizada no município de Itambé/PE. A área está situada sob as coordenadas 7° 25' S e 35° 06' W, na microrregião fisiográfica da Mata Seca de Pernambuco, a 190 m de altitude. O solo da área foi classificado como Argissolo Vermelho-amarelo, distrófico, com horizonte A proeminente de textura média/argilosa, fase floresta tropical subcaducifólia (Beltrão et al., 2005). A precipitação pluvial total no primeiro e no segundo ano foi de 846,6 e de 1.816,8 mm (até agosto), respectivamente. A média história, neste mesmo período, foi de 1.359,0 e

de 1.216,0 mm. Na Figura 1 encontra-se a precipitação total mensal observada, bem como a média histórica da Estação Experimental do IPA/Itambé (ITEP, 2011).

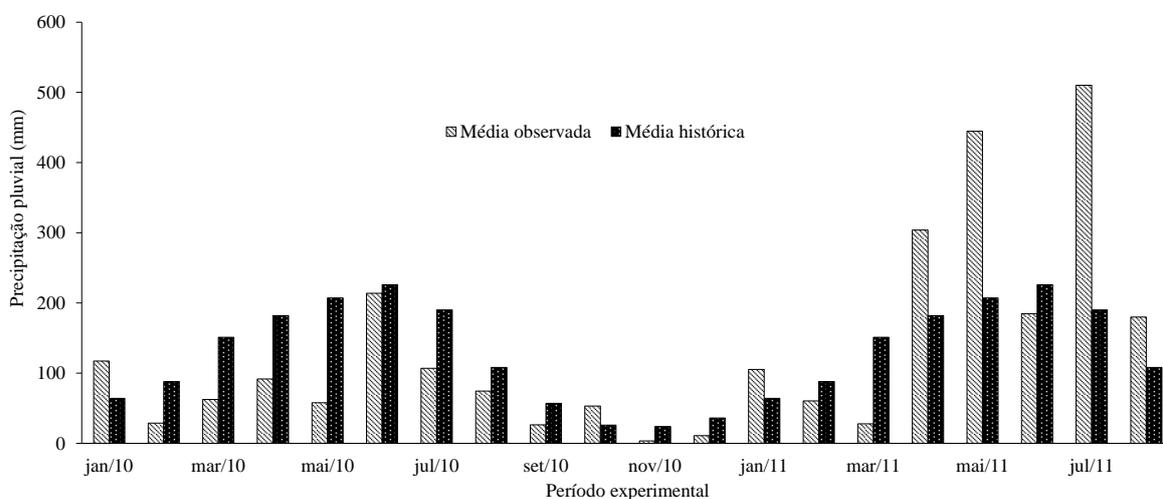


Figura 1. Precipitação pluvial (mm) de Itambé durante o período experimental. Fonte: ITEP (2011).

Foram avaliados 10 novos híbridos interespecíficos, provenientes do cruzamento entre o capim-elefante e o milho, cinco cultivares de capim-elefante, além de um híbrido interespecífico desenvolvido e cultivado pelo IPA (Tabela 1), sob quatro níveis de N.

Tabela 1. Cruzamentos interespecíficos de capim-elefante com milho, número de progênies geradas e cultivares avaliadas.

Cruzamentos interespecíficos	Nº progênies	Nome
Pioneiro x IPA Bulk-1*	3	Novos híbridos IPA-1, IPA-7, IPA-8 IPA-A2, IPA-A4, IPA-A5 IPA-B1, IPA-B3 IPA-C8, IPA-C9
Elefante B x IPA Bulk-1	3	
IRI 381 x IPA Bulk-1	2	
Taiwan A-146 x IPA Bulk-1	2	
Elefante B x 23A*	1	
Cultivares		
Mineirão	1	
Taiwan A-146	1	
Elefante B	1	
IRI 381	1	
Pioneiro	1	
Total	16	

*Cultivar de milho.

Os progenitores foram escolhidos a partir de características desejáveis, como descritas a seguir: o composto IPA Bulk-1 foi escolhido por apresentar tolerância a solos

de baixa fertilidade, ser uma das variedades de milho disponíveis de maior adaptação ao Semi-árido pernambucano e florescer com menos de 52 dias após o plantio (Lira, 1982); o cultivar Pioneiro, por apresentar elevado potencial produtivo, além de ser tolerante ao pastejo (Pereira et al., 1997); o cultivar Elefante B, por ser o clone mais antigo em cultivo no Brasil, além de ter apresentado nos testes em andamento elevado número de perfilhos basilares e axilares; o cultivar IRI 381, por exibir grande adaptação à Zona da Mata e ao Agreste pernambucano, além da elevada produtividade de forragem (Freitas et al., 2004); o cultivar Taiwan A-146, por ter exibido bons híbridos de porte baixo em cruzamentos já realizados.

O experimento foi instalado no delineamento em blocos ao acaso com três blocos, sob o esquema de parcelas subdivididas, considerando as parcelas principais, níveis de N (controle, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹ corte⁻¹, uréia) e nas subparcelas, 16 genótipos de *Pennisetum* spp. A unidade experimental foi composta por uma touceira, devido à limitada disponibilidade de colmos-semente na ocasião da instalação do experimento. Em cada parcela principal foi feita uma bordadura com o cultivar IRI 381.

A análise química do solo na camada de 0,0 a 0,20 m foi: pH (H₂O): 4,9; P: 10,0 mg dm⁻³; Ca, Mg, K, Al e H: 0,66, 0,23, 0,07, 1,3 e 4,96 cmol_c dm⁻³, respectivamente. Foram aplicadas 5,0 Mg ha⁻¹ de calcário dolomítico [PRNT = 75,6%; saturação de bases desejada (V₂) = 65%] 60 dias antes do plantio, que foi realizado entre os dias 05 e 09 de maio de 2009 no espaçamento de 2,0 x 1,0 m (2,0 m² touceira⁻¹). Foram realizados replantios, principalmente dos novos híbridos, revelando uma dificuldade de estabelecimento desses genótipos, o que resultou em plantas com diferentes idades ontogênicas no mesmo tratamento. Aos 60 dias após o plantio foram realizadas as adubações fosfatada (44 kg P ha⁻¹; superfosfato simples) e potássica (66 kg K ha⁻¹; cloreto de potássio). No dia 27 de janeiro de 2010 foi realizado um corte de uniformização rente

ao solo sendo, em seguida, aplicados os tratamentos nitrogenados. Todos os adubos foram incorporados ao solo com o auxílio de uma enxada.

Foram realizadas avaliações das variáveis: massa seca de forragem (folha + colmo, kg touceira⁻¹), altura da planta (m), comprimento da folha (cm), largura da folha (mm), diâmetro do colmo (mm) e comprimento do entrenó (mm) nos 16 genótipos de *Pennisetum* spp. em seis ciclos (CI) de avaliação, sendo três em 2010 (21/04, 19/07 e 28/09) e três em 2011 (06/01, 07/04 e 03/08). Em cada avaliação (corte) foram aplicados os tratamentos nitrogenados, juntamente com a adubação de manutenção de 66 kg K ha⁻¹ com cloreto de potássio.

A forragem cortada rente ao solo foi pesada no campo e uma fração da touceira (três perfilhos) foi levada ao laboratório para secagem em estufa de ventilação forçada, a 65°C por 72h, para posterior determinação da massa seca de forragem (kg MS touceira⁻¹ corte⁻¹). A altura da planta foi obtida com o auxílio de uma trena, a partir da base do perfilho mais desenvolvido até a inflexão da folha mais alta. Tanto o comprimento quanto a largura da folha foram mensurados na primeira folha completamente expandida (aquela que apresentou a lígula completamente exposta), sendo as medidas obtidas com uma trena e um paquímetro, respectivamente. O diâmetro do colmo e o comprimento do entrenó foram mensurados no segundo entrenó a partir do solo (média de três perfilhos touceira⁻¹), com o auxílio de um paquímetro.

Na análise de medidas repetidas no tempo, utilizaram-se os modelos mistos pelo procedimento PROC MIXED (SAS Institute Inc., 2008). Avaliações preliminares indicaram a matriz componente de variância, pelo menor valor no critério de Akaike (AIC), aquela que melhor se ajustou ao conjunto de dados de todas as variáveis. As médias foram obtidas pelo ajuste dos efeitos fixos por meio do comando LSMEANS do SAS. Calculou-se parâmetros de adaptabilidade (média geral, β_0 ; coeficiente de regressão linear,

β_1) e de estabilidade (soma dos desvios absolutos da regressão, σ^2_{di}) para a massa de forragem por ser a principal variável avaliada. O método utilizado foi o de Eberhart & Russell (1966), descrito por Cruz & Regazzi (2001). Considerando o número de genótipos avaliados (Tabela 1), foi empregado o método de otimização de Tocher, tendo-se como medida de dissimilaridade a distância euclidiana, visando agrupar genótipos com alta similaridade genética para cada variável (Cruz, 2006). Desse modo, nas interações, empregou-se regressão polinomial em nível de grupos de similaridade genética. Estas análises tiveram auxílio do software Genes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da análise de variância foi possível identificar efeito significativo para genótipos (G) em todas as variáveis, indicando variabilidade genética que poderá ser explorada pela seleção (Tabela 2). Tal variabilidade foi possível devido aos cruzamentos entre os cultivares parentais que são altamente heterozigotos. Por outro lado, só houve efeito do fator nitrogênio (N) para a variável comprimento do entrenó. A flutuação na precipitação pluvial (Figura 1) ao longo do período experimental, refletiu em diferenças altamente significativas ($P < 0,01$) entre os ciclos (CI) de avaliação e sua interação com o fator genótipo, indicando que o potencial produtivo, tanto dos híbridos quanto dos cultivares, variou entre os ciclos. Para a interação tripla, não houve efeito para as variáveis altura da planta e diâmetro do colmo ($P > 0,05$).

Tabela 2. Resultado da ANOVA (testes F) das variáveis massa de forragem (MF), altura da planta (AP), comprimento (CF) e largura da folha (LF), diâmetro do colmo (DC) e comprimento do entrenó (CE) de genótipos de *Pennisetum* spp. sob quatro níveis de N, seis ciclos de avaliação e três blocos.

Fontes de variação	ANOVA - Testes F					
	MF	AP	CF	LF	DC	CE
Blocos	3,80	1,97	2,03	0,82	0,57	24,87
Genótipos (G)	9,38**	8,58**	31,08**	32,33**	18,08**	33,32**
Nitrogênio (N)	0,08 ns	2,30 ns	0,45 ns	1,05 ns	0,12 ns	15,17**
Ciclos (CI)	94,21**	200,93**	199,58**	75,87**	119,26**	318,90**
Interação G x N	6,29**	2,44**	3,69**	5,19**	2,97**	7,97**
Interação G x CI	1,72**	2,22**	5,21**	2,95**	3,89**	4,65**
Interação N x CI	2,15**	2,05 ns	1,81*	5,86**	2,38**	7,96**
Interação G x N x CI	1,39**	0,77 ns	5,21**	1,70**	0,75 ns	4,68**

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

Na análise de adaptabilidade, observou-se que os genótipos HV 241, Taiwan A-146, Elefante B e IRI 381, além de diferentes de 1 ($P < 0,05$), foram adaptados a ambientes que favoreceram o maior potencial produtivo ($\beta_1 > 1$), ou seja, aqueles com maior precipitação pluvial. O cultivar Mineirão, apesar de diferente de 1, adaptou-se a ambiente desfavorável ($\beta_1 < 1$; $P < 0,05$), concordando com os resultados obtidos por Souto & Aronovich (1992), em que não houve resposta desse cultivar com a melhoria ambiental (adubação nitrogenada e irrigação). Esta adaptação a ambiente desfavorável pode estar relacionada a uma maior profundidade do sistema radicular, associada a uma maior eficiência de absorção e de utilização dos nutrientes do solo, bem como uma maior eficiência no uso da água. Os demais genótipos, principalmente os novos híbridos, apresentaram adaptabilidade geral ($\beta_1 = 1$), pois não diferiram de 1 (Tabela 3).

Tabela 3. Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e de estabilidade estimados pelo método de Eberhart & Russell (1966) para a massa de forragem de 16 genótipos de *Pennisetum* spp. avaliados em seis ambientes (ciclos de avaliação).

Genótipos		β_0	β_1	σ_{di}^2
Híbridos interespecíficos	IPA-1	0,66	1,13 ns	-0,064 ns
	IPA-7	0,88	0,79 ns	-0,034 ns
	IPA-8	0,64	0,82 ns	-0,067 ns
	IPA-A2	0,70	1,07 ns	-0,066 ns
	IPA-A4	0,67	1,02 ns	0,034 ns
	IPA-A5	0,58	0,74 ns	-0,065 ns
	IPA-B1	0,69	0,65 ns	-0,064 ns
	IPA-B3	0,58	0,72 ns	-0,067 ns
	IPA-C8	0,55	0,86 ns	-0,056 ns
	IPA-C9	0,56	0,88 ns	-0,064 ns
	HV 241	1,45	1,30*	0,004 ns
	Cultivares	Mineirão	1,16	0,48*
Taiwan A-146		1,47	1,28*	-0,061 ns
Elefante B		1,46	1,78*	-0,066 ns
IRI 381		1,06	1,41*	-0,057 ns
Pioneiro		0,84	1,07 ns	-0,039 ns

ns: não significativo a 5% de probabilidade. *: β_1 diferente de 1 pelo teste t ($P < 0,05$).

Todos os genótipos apresentaram alta estabilidade, com desvios de regressão não significativos ($\sigma_{di}^2 = 0$), ou seja, os genótipos apresentaram comportamento altamente previsível em função do estímulo ambiental. A massa de forragem do cultivar Taiwan A-146 também apresentou alta estabilidade no experimento desenvolvido por Xavier et al. (1998), em Coronel Pacheco/MG, em quatro anos de avaliação, indicando que este cultivar apresentou variação mínima em seu fenótipo nos diferentes ambientes.

Foram formados quatro grupos de similaridade pelo método de Tocher para a massa de forragem. O grupo I foi composto por nove dos 10 novos híbridos gerados (Tabela 4). Os genótipos que compuseram o grupo I nos ciclos 1, 3, 5 e 6 foram melhor ajustados por uma função quadrática, cujos pontos de produção máxima de forragem (0,65; 0,54; 0,76 e 0,64 kg MS touceira⁻¹ corte⁻¹), após a derivação das equações, foram obtidos com as doses de 45,57, 42,93, 45,56 e 15,04 kg N ha⁻¹, respectivamente (Tabela 4). Os coeficientes de determinação (R^2) foram de média-alta magnitude para todas as equações, apontando que

os modelos foram ajustados satisfatoriamente, podendo explicar a maior parte da variação da massa de forragem dos genótipos avaliados por ciclo.

Tabela 4. Agrupamento de Tocher e desdobramento da interação tripla para a massa de forragem (kg MS touceira⁻¹ corte⁻¹).

Grupos	Genótipos	Ciclos	Equações	R ²
I	IPA-1, IPA-8, IPA-A2, IPA-A4, IPA-A5, IPA-B1, IPA-B3, IPA-C8, IPA-C9	1	$\hat{Y} = 0,50054 + 0,00638N - 0,00007N^2$	0,63
		2	$\hat{Y} = 0,81185 - 0,02901N + 0,00091N^2 - 0,000007N^3$	0,99
		3	$\hat{Y} = 0,37824 + 0,00747N - 0,000087N^2$	0,83
		4	$\hat{Y} = 0,44667 - 0,01225N + 0,00034N^2 - 0,0000024N^3$	0,99
		5	$\hat{Y} = 0,55474 + 0,00902N - 0,000099N^2$	0,65
		6	$\hat{Y} = 0,91037 - 0,03472N + 0,001154N^2$	0,99
II	HV 241, Taiwan A-146, Elefante B	1	$\hat{Y} = 1,12889 + 0,05322N - 0,00148N^2 + 0,000011N^3$	0,99
		2	$\hat{Y} = 1,34667 + 0,07475N - 0,00247N^2 + 0,000019N^3$	0,99
		3	$\hat{Y} = 0,84889 + 0,05042N - 0,00129N^2 + 0,000009N^3$	0,99
		4	$\hat{Y} = 0,74222 + 0,04436N - 0,001489N^2 + 0,000011N^3$	0,99
		5	$\hat{Y} = 1,26444 + 0,06111N - 0,001627N^2 + 0,000012N^3$	0,99
		6	$\hat{Y} = 1,50667 + 0,08710N - 0,00279N^2 + 0,000021N^3$	0,99
III	IPA-7, Pioneiro	1	$\hat{Y} = 0,86$ (P>0,05)	--
		2	$\hat{Y} = 0,89$ (P>0,05)	--
		3	$\hat{Y} = 0,65$ (P>0,05)	--
		4	$\hat{Y} = 0,45$ (P>0,05)	--
		5	$\hat{Y} = 0,99$ (P>0,05)	--
		6	$\hat{Y} = 1,03$ (P>0,05)	--
IV	Mineirão, IRI 381	1	$\hat{Y} = 0,895 + 0,055898N - 0,001621N^2 + 0,000012N^3$	0,99
		2	$\hat{Y} = 1,4161667 - 0,0043222N$	0,55
		3	$\hat{Y} = 0,67167 - 0,047843N - 0,00124N^2 + 0,000083N^3$	0,99
		4	$\hat{Y} = 0,784167 - 0,00375N$	0,93
		5	$\hat{Y} = 1,00167 - 0,06436N - 0,00181N^2 + 0,000013N^3$	0,99
		6	$\hat{Y} = 1,575 - 0,02921296N$	0,99

Ciclo 1: 21/04/2010; Ciclo 2: 19/07/2010; Ciclo 3: 28/09/2010; Ciclo 4: 06/01/2011; Ciclo 5: 07/04/2011; Ciclo 6: 03/08/2011.

Nos ciclos 2 e 4 do grupo I, em todos os ciclos do grupo II e nos ciclos 1, 3 e 5 do grupo IV, a função cúbica foi a que melhor se ajustou à variação dos tratamentos, com R² de alta magnitude. Para os genótipos que formaram estes grupos, admitiu-se que estes podem estar fixando N biologicamente, por meio da associação com bactérias diazotróficas. Considerando que o N-inorgânico reduz a população desses organismos (Medeiros et al., 2006; Kraiser et al., 2011), com a fertilização de 30 kg N ha⁻¹ corte⁻¹, a população de bactérias diazotróficas poderia ter sido reduzida e a concentração de N

existente na rizosfera pode não ter atendido à demanda das plantas, devido à possíveis perdas por processos como a lixiviação, a volatilização e/ou imobilização pela biota do solo. Por outro lado, com a aplicação de 60 kg N ha⁻¹ corte⁻¹, as plantas aumentaram a massa de forragem pelo maior aporte de N na rizosfera. Porém, quando adubado com 90 kg N ha⁻¹ corte⁻¹, a produção foi reduzida, provavelmente pelo efeito fitotóxico sobre o sistema radicular, como observado por Cruz et al. (2010), em que houve redução do pH de um Argissolo, chegando a 3,46 com 90 kg N ha⁻¹. Isto porque a hidrólise da uréia libera prótons H⁺, aumentando a acidez do solo (Lopez et al., 1991). Estas hipóteses poderiam explicar o efeito cúbico obtido nesta pesquisa. A variação da massa de forragem dentro de cada tratamento, devido às diferentes idades ontogenéticas, também poderia explicar o efeito cúbico observado para os genótipos.

O novo híbrido IPA-7 e o seu progenitor masculino, o cultivar Pioneiro, que formaram o grupo III, não foram influenciados pelos níveis de N em nenhum dos ciclos, estimando-se a produtividade média em torno de 4,4 Mg MS ha⁻¹ corte⁻¹. Esses genótipos também podem estar associados à capacidade de fixar N biologicamente, como observado por Silva et al. (2010), em genótipos de capim-elefante (*Azospirillum* spp. e *Gluconacetobacter diazotrophicus*), em Itambé/PE, sob altura de corte de até 25,0 cm, sem adubação nitrogenada. A influência do N-fertilizante sobre o incremento produtivo de várias culturas já foi bastante documentado na literatura. Em *Pennisetum* spp., esta ausência de resposta diverge das encontradas por diferentes autores, como Pegoraro et al. (2009) e Cruz et al. (2010) nos cultivares Napier e Cameroon, respectivamente, cujo efeito observado foi o linear em até 150 kg N ha⁻¹. Sendo assim, o novo híbrido IPA-7 poderia ser selecionado para ser utilizado em regiões de baixa tecnologia de produção, em que se predomina o baixo uso de N-fertilizante pelos pecuaristas, desde que as características ambientais sejam semelhantes às de Itambé/PE.

A altura da planta apresentou três grupos de similaridade (Figura 2): o grupo I, o mais numeroso, foi composto por 14 genótipos; os grupos II e III foram formados por um híbrido cada. No desdobramento da interação genótipo x nitrogênio, a altura dos genótipos do grupo I e III ajustaram-se a uma função cúbica, com início descendente, cujos pontos de máxima foram 1,54 e 2,06 m com as doses de 75 e 73 kg N ha⁻¹ corte⁻¹, respectivamente. Este efeito pode estar associado à influência do N-fertilizante sobre a redução da população de bactérias diazotróficas. Por outro lado, o genótipo do grupo II, o híbrido IPA-A2, ajustou-se a uma função linear. Também em um Argissolo, Cruz et al. (2010) observaram efeito quadrático, com altura máxima de 3,22 m com 100 kg N ha⁻¹, onde a colheita do capim Napier aconteceu aos 150 dias após o plantio.

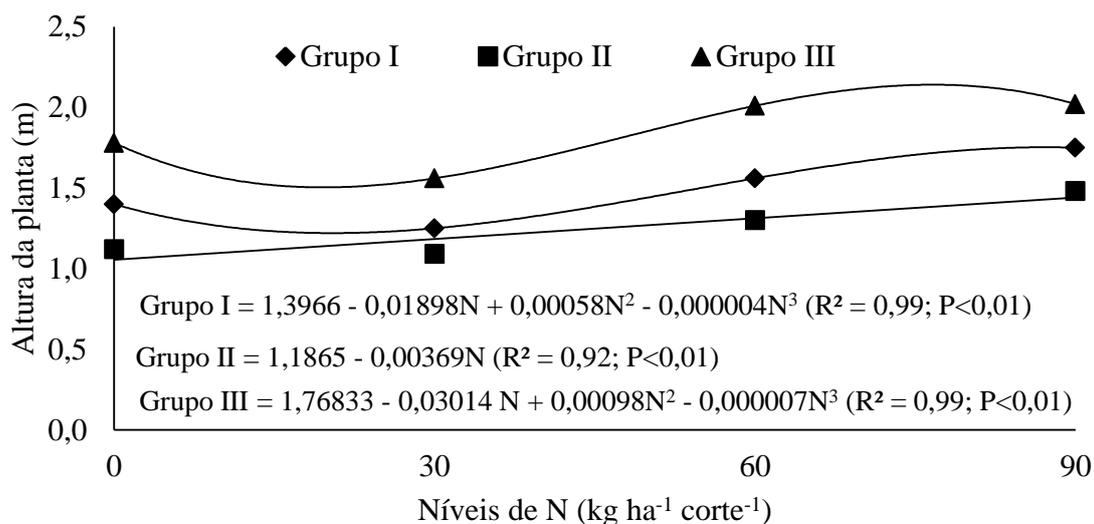


Figura 2. Desdobramento da interação genótipo x nitrogênio para a altura da planta (m). Grupo I: IPA-1, IPA-7, IPA-8, IPA-A4, IPA-A5, IPA-B1, IPA-B3, IPA-C8, IPA-C9, Mineirão, Taiwan A-146, Elefante B, IRI 381, Pioneiro; Grupo II: IPA-A2; Grupo III: HV 241. Média de seis ciclos de avaliação.

As flutuações na precipitação pluvial exerceram influência sobre a altura dos genótipos nos grupos I e III, sendo explicada por uma equação de 5º grau. No período em que a precipitação variou, a altura foi influenciada por esta variação. Por outro lado, o novo híbrido IPA-A2 (Grupo II) não teve sua altura influenciada pelas flutuações da

precipitação, sendo, portanto, classificado como adaptados e estáveis geneticamente, segundo Cruz & Regazzi (2001) (Figura 3).

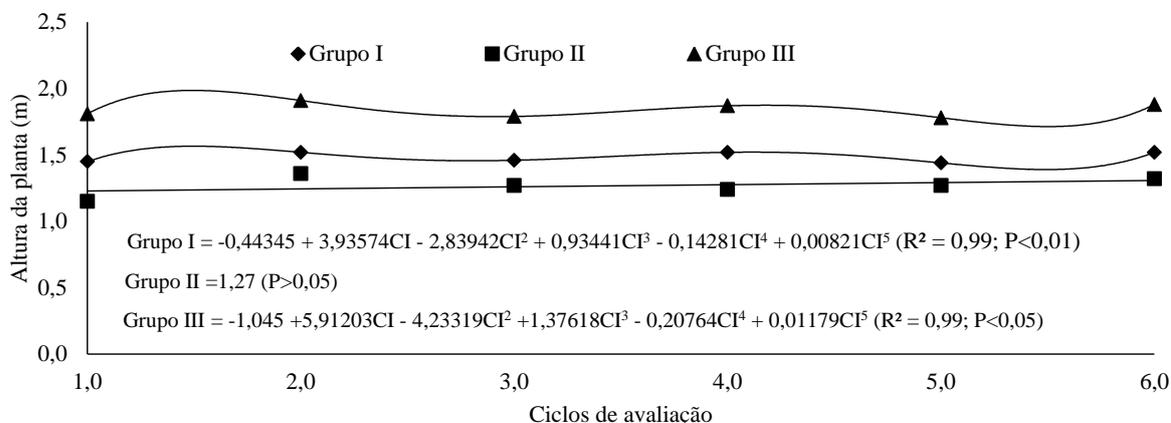


Figura 3. Desdobramento da interação genótipo x ciclo para a altura da planta (m). Grupo I: IPA-1, IPA-7, IPA-8, IPA-A4, IPA-A5, IPA-B1, IPA-B3, IPA-C8, IPA-C9, Mineirão, Taiwan A-146, Elefante B, IRI 381, Pioneiro; Grupo II: IPA-A2; Grupo III: HV 241. Ciclo 1: 21/04/2010; Ciclo 2: 19/07/2010; Ciclo 3: 28/09/2010; Ciclo 4: 06/01/2011; Ciclo 5: 07/04/2011; Ciclo 6: 03/08/2011. Média de quatro níveis de N.

Para o comprimento da folha, houve a formação de três grupos pelo método de Tocher (Tabela 5). Os genótipos que formaram o grupo I, no ciclo 3, apresentaram resposta linear com os níveis de N, ou seja, para cada unidade de N aplicado houve incremento no comprimento da folha de 0,0684 cm. Porém, esta resposta só foi observada no ciclo 3. Nos demais grupos de similaridade genética e ciclos de avaliação, não houve resposta da adubação nitrogenada sobre os genótipos ($P > 0,05$). Isto pode estar associado à baixa susceptibilidade ambiental que este caráter apresenta, uma vez que o componente genético pode ser explicado por até 93%, através de seu coeficiente de herdabilidade, como observado por Silva et al. (2009), em nove genótipos de capim-elefante. Zewdu et al. (2003) também não observaram efeito do N sobre esta variável no cultivar Napier. Esta ausência de resposta é uma característica de interesse, uma vez que as folhas, além de serem o principal órgão da planta responsável pelas reações de fixação de CO_2 (Taiz & Zeiger, 2006) e pela formação dos carboidratos de reserva (Cecato et al., 2001), consistem

na fração mais digestível da planta, chegando a digestibilidade de 63% (Silva et al., 2011), sendo responsáveis pela maior parte da nutrição dos ruminantes (Rodrigues et al., 2008).

Tabela 5. Agrupamento de Tocher e desdobramento da interação tripla para o comprimento da folha (cm).

Grupos	Genótipos	Ciclos	Equações	R ²
I	IPA-1, IPA-8, IPA-A2, IPA-A4, IPA-A5, IPA-B1, IPA-B3, IPA-C8, IPA-C9	1	$\hat{Y} = 68,60$ (P>0,05)	--
		2	$\hat{Y} = 53,77$ (P>0,05)	--
		3	$\hat{Y} = 55,570307 + 0,068395N$	0,76
		4	$\hat{Y} = 55,02$ (P>0,05)	--
		5	$\hat{Y} = 82,32$ (P>0,05)	--
		6	$\hat{Y} = 65,18$ (P>0,05)	--
II	IPA-7, Mineirão, Taiwan A-146, Elefante B, IRI 381, Pioneiro	1	$\hat{Y} = 84,09$ (P>0,05)	--
		2	$\hat{Y} = 73,93$ (P>0,05)	--
		3	$\hat{Y} = 72,17$ (P>0,05)	--
		4	$\hat{Y} = 79,11$ (P>0,05)	--
		5	$\hat{Y} = 100,87$ (P>0,05)	--
		6	$\hat{Y} = 89,56$ (P>0,05)	--
III	HV 241	1	$\hat{Y} = 111,83$ (P>0,05)	--
		2	$\hat{Y} = 97,58$ (P>0,05)	--
		3	$\hat{Y} = 96,17$ (P>0,05)	--
		4	$\hat{Y} = 80,33$ (P>0,05)	--
		5	$\hat{Y} = 134,25$ (P>0,05)	--
		6	$\hat{Y} = 118,33$ (P>0,05)	--

Para o caráter largura da folha, houve a formação de dois grupos de similaridade, sendo o primeiro agrupamento composto por 15 genótipos (Tabela 6). O grupo II foi formado pelo híbrido interespecífico HV 241. Este híbrido apresentou resposta quadrática no 2º e no 6º ciclo, com largura máxima de 44,92 e de 48,88 mm para os níveis 49,09 e 49,25 kg N ha⁻¹ corte⁻¹, respectivamente. Apesar de os genótipos que formaram o grupo I terem apresentado efeito quadrático, quando aplicado 30 kg N ha⁻¹ corte⁻¹, houve redução da largura foliar, tanto no 2º quanto no 6º ciclo, sendo os pontos de mínima, respectivamente, de 22,80 e 24,84 mm com as doses de 37,84 e 37,68 kg N corte⁻¹. Este evento pode estar relacionado ao efeito negativo do N-fertilizante sobre a população bacteriana fixadora de N₂, bem como na baixa concentração de N na rizosfera.

Tabela 6. Agrupamento de Tocher e desdobramento da interação tripla para a largura da folha (mm).

Grupos	Genótipos	Ciclos	Equações	R ²
I	IPA-1, IPA-7, IPA-8, IPA-A2, IPA-A4, IPA-A5, IPA-B1, IPA-B3, IPA-C8, IPA-C9, Mineirão, Taiwan A-146, Elefante B, IRI 381, Pioneiro	1	$\hat{Y} = 29,59$ (P>0,05)	--
		2	$\hat{Y} = 26,3789 - 0,18922N + 0,0025N^2$	0,94
		3	$\hat{Y} = 26,36$ (P>0,05)	--
		4	$\hat{Y} = 24,93$ (P>0,05)	--
		5	$\hat{Y} = 32,30$ (P>0,05)	--
		6	$\hat{Y} = 28,7178 - 0,20571N + 0,00273N^2$	0,94
II	HV 241	1	$\hat{Y} = 44,75$ (P>0,05)	--
		2	$\hat{Y} = 30,6333 + 0,58222N - 0,00593N^2$	0,99
		3	$\hat{Y} = 38,50$ (P>0,05)	--
		4	$\hat{Y} = 38,42$ (P>0,05)	--
		5	$\hat{Y} = 46,67$ (P>0,05)	--
		6	$\hat{Y} = 33,3833 + 0,62944N - 0,00639N^2$	0,98

O diâmetro do colmo apresentou dois grupos de similaridade (Tabela 7), com a mesma formação observada para a largura da folha (Tabela 6). Os genótipos do grupo I apresentaram resposta cúbica no ciclo 4. A precipitação observada após a 3ª avaliação (28/09/2010) foi de 53,1 mm em outubro, 3,5 mm em novembro, 10,9 mm em dezembro e 30,1 mm entre 01 a 06/01/2011, ocasião da 4ª avaliação. Sendo assim, o efeito cúbico observado nos genótipos do grupo I no 4º ciclo pode ter sido influenciado por estas variações da precipitação pluvial. Por outro lado, o híbrido HV 241 (grupo II) apresentou função quadrática, com diâmetro máximo (12,58 mm) na dose de 52,83 kg N ha⁻¹ corte⁻¹. Este efeito pode ter surgido em função do aumento em altura da planta (alongamento do caule) que ocorreu entre os níveis 30 e 60 kg N ha⁻¹ corte⁻¹ (Figura 2, grupo III).

Tabela 7. Agrupamento de Tocher e desdobramento da interação tripla para o diâmetro do colmo (mm).

Grupos	Genótipos	Ciclos	Equações	R ²
I	IPA-1, IPA-7, IPA-8, IPA-A2, IPA-A4, IPA-A5, IPA-B1, IPA-B3, IPA-C8, IPA-C9, Mineirão, Taiwan A-146, Elefante B, IRI 381, Pioneiro	1	$\hat{Y} = 10,28$ (P>0,05)	--
		2	$\hat{Y} = 8,32$ (P>0,05)	--
		3	$\hat{Y} = 7,64$ (P>0,05)	--
		4	$\hat{Y} = 9,60 - 0,0993N + 0,00264N^2 - 0,00002N^3$	0,99
		5	$\hat{Y} = 11,90$ (P>0,05)	--
		6	$\hat{Y} = 9,97$ (P>0,05)	--
II	HV-241	1	$\hat{Y} = 13,33$ (P>0,05)	--
		2	$\hat{Y} = 12,92$ (P>0,05)	--
		3	$\hat{Y} = 9,31667 + 0,12722N - 0,001204N^2$	0,99
		4	$\hat{Y} = 14,00$ (P>0,05)	--
		5	$\hat{Y} = 15,46$ (P>0,05)	--
		6	$\hat{Y} = 15,59$ (P>0,05)	--

O comprimento do entrenó foi a variável que apresentou maior variabilidade entre os genótipos, promovendo a formação de cinco grupos de similaridade (Tabela 8). Para os genótipos do grupo I, os ciclos 1, 3 e 4 apresentaram função linear com o incremento da fertilização nitrogenada. Por outro lado, os genótipos do grupo II, dentre eles os novos híbridos IPA-7 e o IPA-C8, não sofreram influência do N-fertilizante em nenhum dos ciclos de avaliação, sendo classificados como adaptados e estáveis geneticamente (Cruz & Regazzi, 2001). Já os genótipos do grupo III (IPA-A2, IPA-C9 e Pioneiro) apresentaram resposta quadrática nos ciclos 2, 3, 4 e 6 com o incremento dos níveis de N. Os comprimentos máximos (64,15, 62,94, 96,52 e 70,15 mm, respectivamente) foram obtidos com os níveis 42,60, 59,48, 57,56 e 41,83 kg N ha⁻¹ corte⁻¹, respectivamente. É possível que a umidade acumulada do solo nos ciclos 2 e 6 favoreceu a lixiviação do N-fertilizante na dose de 30 kg N ha⁻¹ corte⁻¹, explicando assim, a redução no comprimento do entrenó. O grupo V, formado pelo híbrido IPA-8 apresentou resposta linear com o incremento dos níveis de N nos ciclos 2, 4 e 6.

Tabela 8. Agrupamento de Tocher e desdobramento da interação tripla para o comprimento do entrenó (mm).

Grupos	Genótipos	Ciclos	Equações	R ²
I	IPA-A4, IPA-A5, IPA-B1, IPA-B3, Mineirão, Taiwan A- 146	1	$\hat{Y} = 72,28889 + 0,08926N$	0,77
		2	$\hat{Y} = 86,88$ (P>0,05)	--
		3	$\hat{Y} = 63,16889 + 0,10526N$	0,94
		4	$\hat{Y} = 89,42778 + 0,23000N$	0,95
		5	$\hat{Y} = 83,14$ (P>0,05)	--
		6	$\hat{Y} = 92,38$ (P>0,05)	--
II	IPA-7, IPA-C8, HV- 241, Elefante B	1	$\hat{Y} = 69,50$ (P>0,05)	--
		2	$\hat{Y} = 79,02$ (P>0,05)	--
		3	$\hat{Y} = 60,25$ (P>0,05)	--
		4	$\hat{Y} = 98,56$ (P>0,05)	--
		5	$\hat{Y} = 72,83$ (P>0,05)	--
		6	$\hat{Y} = 84,02$ (P>0,05)	--
III	IPA-A2, IPA-C9, Pioneiro	1	$\hat{Y} = 72,28889 + 0,08926N$	0,77
		2	$\hat{Y} = 79,61111 - 0,72593N + 0,00852N^2$	0,88
		3	$\hat{Y} = 46,62889 + 0,54837N - 0,00461N^2$	0,92
		4	$\hat{Y} = 67,5944 + 1,005N - 0,00873N^2$	0,98
		5	$\hat{Y} = 62,96667 + 0,08963N$	0,73
		6	$\hat{Y} = 83,87778 - 0,65593N + 0,00784N^2$	0,96
IV	IPA-1, IRI 381	1	$\hat{Y} = 81,58$ (P>0,05)	--
		2	$\hat{Y} = 77 - 1,51574N + 0,07343N^2 - 0,00059N^3$	0,99
		3	$\hat{Y} = 70,83$ (P>0,05)	--
		4	$\hat{Y} = 87,6667 + 1,2287N - 0,0360N^2 + 0,0003N^3$	0,99
		5	$\hat{Y} = 87,29$ (P>0,05)	--
		6	$\hat{Y} = 82,6667 - 1,7240N + 0,082N^2 - 0,0007N^3$	0,99
V	IPA-8	1	$\hat{Y} = 84,17$ (P>0,05)	--
		2	$\hat{Y} = 72,933333 + 4,25556N$	0,93
		3	$\hat{Y} = 77,25$ (P>0,05)	--
		4	$\hat{Y} = 82,36667 + 10,100N$	0,92
		5	$\hat{Y} = 90,17$ (P>0,05)	--
		6	$\hat{Y} = 80,16667 + 6,5889N$	0,84

Apesar de os novos híbridos (IPA-1, IPA-8, IPA-A2, IPA-A4, IPA-A5, IPA-B1, IPA-B3, IPA-C8, IPA-C9) apresentarem como progenitor masculino variedades distintas (Tabela 1), estes tiveram alta similaridade genética pelo método de Tocher, formando um mesmo agrupamento nas variáveis massa de forragem, comprimento e largura da folha e diâmetro do colmo. É possível que o componente genético do progenitor feminino (IPA Bulk-1) tenha influenciado estas características.

De modo geral, os novos híbridos interespecíficos apresentaram adaptabilidade geral e alta estabilidade, sendo que o cultivar Mineirão foi adaptado a ambientes desfavoráveis. A massa de forragem dos genótipos IPA-7 e Pioneiro não foi influenciada pelos níveis de

nitrogênio em nenhum dos ciclos de avaliação. A altura do novo híbrido IPA-A2 não foi influenciada pelos ciclos ($P>0,05$). A variável comprimento do entrenó apresentou a maior variação dos dados. Por outro lado, o comprimento da folha dos genótipos foi aquela que menos sofreu influência do fator N dentro de cada ciclo.

CONCLUSÕES

O fator ambiental, representado pelos níveis de nitrogênio e pelos ciclos de avaliação que ocorreram ao longo do período experimental, exerce influência sobre as variáveis agronômicas dos genótipos avaliados.

O novo híbrido IPA-7 (Pioneiro x IPA Bulk-1) não é influenciado pelos níveis de N dentro de cada ciclo de avaliação quanto às variáveis massa de forragem, comprimento da folha e comprimento do entrenó, apresentando adaptabilidade geral e alta estabilidade, sendo, portanto, indicado para ser usado nas próximas fases do Programa de Melhoramento do Capim-Elefante e de seus Híbridos com Milheto na Zona da Mata de Pernambuco.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, A.C.; FONSECA, D.M.; QUEIROZ, D.S. et al. Adubação nitrogenada e potássica em capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Napier). **Ciência e Agrotecnologia**, v. Especial, p.1643-1651, 2003.
- BELTRÃO, B.A.; MASCARENHAS, G.C.; MIRANDA, J.L.F. et al. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea Estado de Pernambuco: diagnóstico do município de Itambé**. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. 22p.
- CARNEIRO, M.S.S.; SOUZA, P.Z.; PEIXOTO, M.J.A. et al. Efeito do consórcio de capim-elefante com leucena na produção de forragem. **Revista Caatinga**, v.19, n.1, p.51-55, 2006.
- CECATO, U.; CANO, C.C.P.; BORTOLO, M. et al. Teores de carboidratos não-estruturais, nitrogênio total e peso de raízes em Coastcross-1 [*Cynodon dactylon* (L.) Pers] pastejado por ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.43, n.11, p.1637-1639, 2008.
- CRUZ, R.S.; SANTOS, A.C.; CASTRO, J.G.D. et al. Produtividade do Capim-Cameroon estabelecida em duas classes de solos e submetido a doses crescentes de nitrogênio no norte tocaninense. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.32, n.4, p.393-399, 2010.
- CRUZ, C.D. **Programa Genes: estatística experimental e matrizes**. Viçosa: Editora UFV, 2006. 285p.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2 ed. Viçosa: Editora UFV, 2001. 390p.
- EBERHART, S.A.; RUSSELL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, v.6, n.1, p.36-40, 1966.
- FERREIRA, R. P.; PEREIRA, A.V. Melhoramento de forrageiras. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: Editora UFV, 2005. p.781-812.
- FREITAS, E.V.; LIRA, M.A.; DUBEUX JÚNIOR, J.C.B. et al. Características produtivas e qualitativas de clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) avaliados sob pastejo na zona da mata de Pernambuco. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.26, n.2, p.251-257, 2004.
- ITEP. Instituto de Tecnologia de Pernambuco. **LAMEPE: banco de dados pluviométricos do município de Itambé**. Disponível em: <<http://www.itep.br/LAMEPE>>. Acesso em: 28 set. 2011.
- JAUHAR, P.P.; HANNA, W.W. Cytogenetics and genetics of pearl millet. **Advances in Agronomy**, v.64, p.1-26, 1998.
- KRAISER, T.; GRAS, D.E.; GUTIÉRREZ, A.G. et al. A holistic view of nitrogen acquisition in plants. **Journal of Experimental Botany**, v.62, n.4, p.1455-1466, 2011.

LIRA, M.A. Cultura do milheto. In: **Cultura do milheto: curso para extensionista agrícola**. Fortaleza: BNB-ETENE. 1982. p. 9-22.

LIRA, M.A.; CUNHA, M.V.; PEREIRA, A.V. Melhoramento genético do capim-elefante. In: LIRA, M.A.; SANTOS, M.V.F.; DUBEUX JÚNIOR, J.C.B. et al. (Eds.). **Capim-elefante: fundamentos e perspectivas**. Recife: IPA/UFRPE, 2010. p. 31-48.

LIRA, M.A.; FARIAS, I.; FERDANDES, A.P.M. et al. Efeito da adubação nitrogenada e fosfatada no rendimento do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.31, n.1, p.19-26, 1996.

LOPEZ, A.S.; SILVA, M.C.; GUILHERME, L.R.G. **Acidez do solo e calagem**. São Paulo: ANDA, 1991. 17p. (Boletim Técnico, 1).

MEDEIROS, A.F.A.; POLIDORO, J.C.; REIS, V.M. Nitrogen source effect on *Gluconacetobacter diazotrophicus* colonization of sugarcane (*Saccharum* spp.). **Plant and Soil**, v.279, n.2, p.141-152, 2006.

PEGORARO, R.F.; MISTURA, C.; WENDLING, B. et al. Manejo da água e do nitrogênio em cultivo de capim-elefante. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, n.2, p.461-467, 2009.

PEREIRA, A.V.; MARTINS, C.E.; CRUZ FILHO, A.B. et al. Pioneiro - nova cultivar de capim-elefante para pastejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1997. p.102-104.

PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L.A. et al. Adubação nitrogenada em capim-coastcross: efeitos na extração de nutrientes e recuperação aparente do nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.1, p.68-78, 2004.

RODRIGUES, R.C.; MOURÃO, G.B.; BRENNECKE, K. et al. Produção de massa seca, relação folha/colmo e alguns índices de crescimento do *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés cultivado com a combinação de doses de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.3, p.394-400, 2008.

SANTOS, D.C.; LIRA, M.A.; DUBEUX JÚNIOR, J.C.B. et al. Capineira de *Pennisetum purpureum* Schum. In: CAVALCANTI, F.J.A. (Ed.). **Recomendação de adubação para o Estado de Pernambuco: 2ª aproximação**. 3 ed. Recife: IPA, 2008. p.136.

SAS INSTITUTE INC. **SAS/STAT 9.2: User's guide for MIXED procedure**. Cary: SAS Institute Inc., 2008. 224p.

SILVA, A.L.C.; SANTOS, M.V.F.; FERREIRA, R.L.C. et al. Variabilidade e herdabilidade de caracteres qualitativos relacionados à qualidade de forragem de clones de capim-elefante na Zona da Mata de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.1, p.39-46, 2011.

SILVA, L.L.G.G.; ALVES, G.C.; RIBEIRO, J.R.A. et al. Fixação biológica de nitrogênio em pastagens com diferentes intensidades de corte. **Archivos de Zootecnia**, v.59, n.225, p.21-30, 2010.

SILVA, S.H.B.; SANTOS, M.V.F.; LIRA, M.A. et al. Uso de descritores morfológicos e herdabilidade de caracteres em clones de capim-elefante de porte baixo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.8, p.1451-1459, 2009.

SOUTO, S.M.; ARONOVICH, S. **Tolerância à seca em forrageiras tropicais: aspectos agrônômicos e microbiológicos**. Seropédica: Embrapa/CNPBS, 1992. 28p. (Documentos, 9).

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 4 ed. Massachusetts: Sinauer Associates. 2006. 764p.

XAVIER, D.F.; BOTREL, M.A.; VERNEQUE, R.S. et al. Estabilidade da produção de forragem de cultivares de capim-elefante em solo com baixa disponibilidade de nitrogênio. **Pasturas Tropicales**, v.20, n.2, p.35-40, 1998.

ZEWDU, T.; BAARS, R.M.T.; YAMI, A. Effect of plant height at cutting and fertilizer on growth of Napier grass (*Pennisetum purpureum*). **Tropical Science**, v.42, p.57-61, 2003.

Capítulo 3

ESTIMATIVA DO COEFICIENTE DE REPETIBILIDADE E DE PARÂMETROS GENÉTICOS EM *Pennisetum* spp. NA ZONA DA MATA DE PERNAMBUCO

RESUMO

Objetivou-se determinar os coeficientes de repetibilidade de caracteres morfofisiológicos em genótipos de *Pennisetum* spp., a partir de dados obtidos durante seis ciclos de avaliação. Estimou-se, ainda, o número mínimo de medições, bem como parâmetros genéticos. O experimento foi implantado em 2009, na Estação Experimental de Itambé, Instituto Agrônomo de Pernambuco, sob o delineamento em blocos ao acaso, no esquema de parcelas subdivididas, estando na parcela principal quatro níveis de N (controle, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹ corte⁻¹) e nas subparcelas, 16 genótipos de *Pennisetum* spp. Os ciclos compreenderam avaliações em 2010 (21/04, 19/07 e 28/09) e em 2011 (06/01, 07/04 e 03/08). O coeficiente de repetibilidade foi de média-alta magnitude para todas as variáveis, indicando que houve regularidade entre as medidas repetidas. Para as variáveis massa de forragem, altura da planta, comprimento e largura da folha, diâmetro do colmo, clorose e índice de área foliar, até três ciclos de avaliação já seriam suficientes para chegar a um R² de 90%, pela análise de componentes principais, baseada na matriz de covariância. Para o comprimento do entrenó, sete avaliações seriam necessárias. Os parâmetros genéticos das variáveis massa de forragem ($h^2 = 96\%$, $CV_G = 38,19\%$), comprimento da folha ($h^2 = 95\%$, $CV_G = 16,05\%$), largura da folha ($h^2 = 96\%$, $CV_G = 16,17\%$, $b = 1,04$), diâmetro do colmo ($h^2 = 93\%$, $CV_G = 16,43\%$) e clorose foliar ($h^2 = 97\%$, $b = 1,07$) são de alta magnitude, favorecendo a seleção de genótipos superiores de *Pennisetum* spp.

Palavras-chave: Componentes principais, herdabilidade, melhoramento de plantas, *Pennisetum purpureum*, seleção.

**REPEATABILITY AND GENETIC PARAMETER ESTIMATION IN *Pennisetum*
spp. IN THE FOREST ZONE OF PERNAMBUCO**

ABSTRACT

Aimed to determine the coefficients of repeatability of morphophysiological traits in *Pennisetum* spp. genotypes, from data obtained, during six evaluation cycles of. It was estimated the minimum number of measurements and genetic parameters. The experiment was carried out in 2009, at the Itambé Experimental Station of Pernambuco, Agricultural Research Institute – IPA, under randomized block design in split plots, being in the main plot four nitrogen levels (control, 30, 60 and 90 kg ha⁻¹ cut⁻¹) and 16 *Pennisetum* spp. genotypes in subplots. The cycles comprised evaluations in 2010 (04/21, 07/19 and 09/28) and 2011 (01/06, 04/07 and 08/03). The coefficient of repeatability was of medium-high magnitude for all variables, indicating that there was regularity between repeated measures. For The variables forage mass, plant height, leaf length, leaf width, stem diameter, leaf chlorosis and leaf area index, up to three cycles of evaluation are enough to reach an R² of 90%, by principal component analysis, based on the covariance matrix. For the internode length, seven evaluations will be necessary. The genetic parameters of variables forage mass (h² = 96%, CV_G = 38.19%), leaf length (h² = 95%, CV_G = 16.05%), leaf width (h² = 96%, CV_G = 16.17%, b = 1.04), stem diameter (h² = 93%, CV_G = 16.43%) and leaf chlorosis (h² = 97%, b = 1.07) are of high magnitude, favoring the selection of superior *Pennisetum* spp. genotypes.

Key words: Heritability, *Pennisetum purpureum*, plant breeding, principal components, selection.

INTRODUÇÃO

Nas regiões tropicais, a utilização do capim-elefante e de seus clones (*Pennisetum* spp.) em forma de capineira, sob irrigação, constitui uma prática promissora e bastante difundida, tendo em vista seu potencial de acúmulo de forragem, que varia de acordo com genótipo e com o ambiente no qual está inserido. Quando cultivado com disponibilidade hídrica satisfatória e manejado intensivamente, o capim-elefante pode atingir produções diárias superiores a 125 kg de MS ha⁻¹ (Paciullo et al., 2003).

O melhoramento da maioria das características de importância forrageira do capim-elefante pode ser conseguido por meio da exploração da variabilidade existente na própria espécie que, segundo Cavalcante & Lira (2010), é de alta magnitude. As estratégias de melhoramento consistem em hibridações intra-específicas (cruzamentos de meios-irmãos e irmãos-germanos) e interespecíficas (capim-elefante x milho), além da seleção clonal (Lira et al., 2010), todas empregadas visando à seleção de genótipos superiores quanto às características: alta produtividade (Mello et al., 2002), resistência aos insetos-praga (cigarrinha das pastagens, *Zulia entreciana*; Auad et al., 2007) e doenças (mancha ocular, *Helminthosporium sacchari*; Oliveira et al., 2011), resistência ao pisoteio, florescimento tardio, tolerância à seca, ao encharcamento, ao alumínio e à salinidade (Ferreira & Pereira, 2005), maior teor de matéria seca (Silva et al., 2011), maior digestibilidade (Mello et al., 2006) e mais recentemente, a seleção de genótipos com maior teor de lignina e de celulose para produção de biocombustíveis sólido (Morais et al., 2009).

Em programas de melhoramento genético, ao selecionar um genótipo, espera-se que sua superioridade inicial perdure durante toda a sua vida. Segundo Cruz & Regazzi (2001), a veracidade dessa expectativa poderá ser comprovada pelo coeficiente de repetibilidade (r), que permite ainda determinar o número de observações fenotípicas que devem ser feitas com eficiência, aliada ao mínimo de custo e de mão de obra. O conhecimento de

parâmetros genéticos, tais como herdabilidade no sentido amplo (h^2), importante para plantas propagadas vegetativamente, onde o genótipo é herdado integralmente aos seus descendentes (Resende, 2002); coeficiente de variação genético (CV_G) e índice de variação (b), os quais controlam um determinado caráter, são de grande importância para o pesquisador, uma vez que orientam na escolha do método de melhoramento mais adequado à cultura, maximizando ganhos com seleção (Cruz & Regazzi, 2001).

Diante do exposto, objetivou-se determinar os coeficientes de repetibilidade de caracteres morfofisiológicos em 16 genótipos de *Pennisetum* spp., a partir de dados obtidos durante seis ciclos de avaliação. Estimou-se, ainda, o número mínimo de medições para a seleção com maior eficiência e confiabilidade, bem como parâmetros genéticos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em 2009 na Estação Experimental do IPA, localizada no município de Itambé/PE. A área está situada sob as coordenadas 7° 25' S e 35° 06' W, na microrregião fisiográfica da Mata Seca de Pernambuco, a 190 m de altitude. O solo da área foi classificado como Argissolo Vermelho-amarelo, distrófico, com horizonte A proeminente de textura média/argilosa, fase floresta tropical subcaducifólia (Beltrão et al., 2005). A precipitação pluvial total durante o período experimental foi de 2.663,4 mm, superando a média histórica (2.575,0 mm). A precipitação mensal observada, bem como a média histórica da estação experimental do IPA/Itambé (ITEP, 2011) encontra-se na Figura 1.

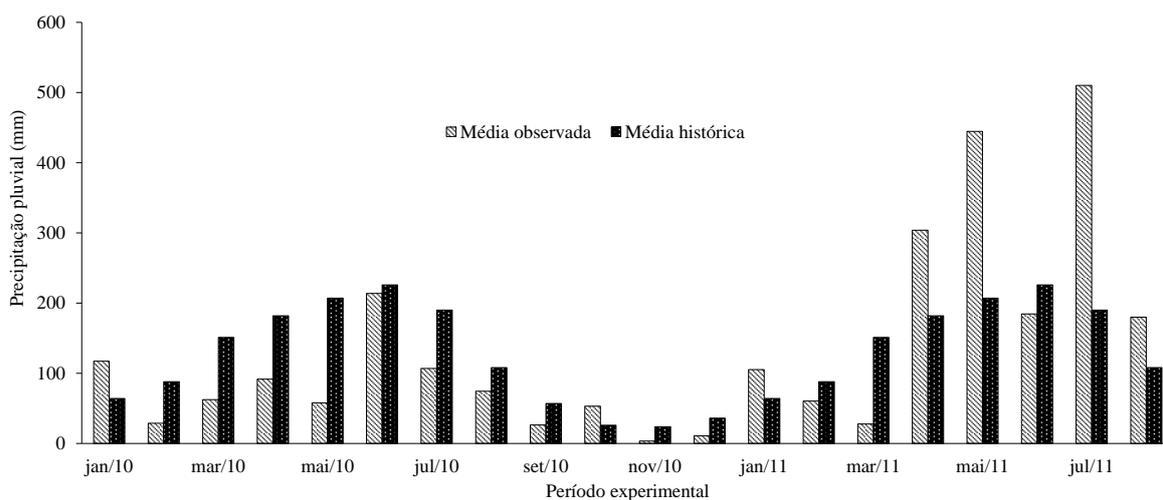


Figura 1. Precipitação pluvial (mm) de Itambé durante o período experimental. Fonte: ITEP (2011).

Foram avaliados dez novos híbridos interespecíficos provenientes do cruzamento entre o capim-elefante e o milho, cinco cultivares de capim-elefante, além de um híbrido interespecífico desenvolvido e cultivado pelo IPA (Tabela 1), sob quatro níveis de N.

Tabela 1. Cruzamentos interespecíficos de capim-elefante com milho, número de progênies geradas e cultivares avaliadas.

Cruzamentos interespecíficos	Nº progênies	Nome
Pioneiro x IPA Bulk-1*	3	Novos híbridos IPA-1, IPA-7, IPA-8 IPA-A2, IPA-A4, IPA-A5 IPA-B1, IPA-B3 IPA-C8, IPA-C9
Elefante B x IPA Bulk-1	3	
IRI 381 x IPA Bulk-1	2	
Taiwan A-146 x IPA Bulk-1	2	
Elefante B x 23A*	1	HV 241 (híbrido cultivado)
Cultivares		
Mineirão	1	
Taiwan A-146	1	
Elefante B	1	
IRI 381	1	
Pioneiro	1	
Total	16	

*Cultivar de milho.

Os progenitores foram escolhidos a partir de características desejáveis, como descritas a seguir: o composto IPA Bulk-1 foi escolhido por apresentar tolerância a solos de baixa fertilidade, ser uma das variedades de milho disponíveis de maior adaptação ao Semiárido pernambucano e florescer com menos de 52 dias após o plantio (Lira, 1982); o cultivar Pioneiro, por apresentar elevado potencial produtivo, além de ser tolerante ao

pastejo (Pereira et al., 1997); o cultivar Elefante B, por ser o clone mais antigo em cultivo no Brasil, além de ter apresentado nos testes em andamento elevado número de perfilhos basilares e axilares; o cultivar IRI 381, por exibir grande adaptação à Zona da Mata e ao Agreste pernambucano, além da elevada produtividade de forragem (Freitas et al., 2004); o cultivar Taiwan A-146, por ter exibido bons híbridos de porte baixo em cruzamentos já realizados.

O experimento foi instalado no delineamento em blocos ao acaso com três blocos, sob o esquema de parcelas subdivididas, considerando as parcelas principais, níveis de N (controle, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹ corte⁻¹, uréia) e nas subparcelas, 16 genótipos de *Pennisetum* spp. A unidade experimental foi composta por uma touceira, devido à limitada disponibilidade de colmos-semente na ocasião da instalação do experimento. Em cada parcela principal foi feita uma bordadura com o cultivar IRI 381.

A análise química do solo na camada de 0,0 a 0,20 m foi: pH (H₂O): 4,9; P: 10,0 mg dm⁻³; Ca, Mg, K, Al e H: 0,66, 0,23, 0,07; 1,3 e 4,96 cmol_c dm⁻³, respectivamente. Foram aplicadas 5,0 Mg ha⁻¹ de calcário dolomítico [PRNT = 75,6%; saturação de bases desejada (V₂) = 65%] 60 dias antes do plantio, que foi realizado entre os dias 05 e 09 de maio de 2009 no espaçamento de 2,0 x 1,0 m (2,0 m² touceira⁻¹). Foram realizados replantios, principalmente dos novos híbridos, revelando uma dificuldade de estabelecimento desses genótipos, o que resultou em plantas com diferentes idades ontogênicas no mesmo tratamento. Aos 60 dias após o plantio (DAP) foram realizadas as adubações fosfatada (44 kg P ha⁻¹, superfosfato simples) e potássica (66 kg K ha⁻¹, cloreto de potássio). No dia 27 de janeiro de 2010 foi realizado um corte de uniformização rente ao solo sendo, em seguida, aplicados os tratamentos nitrogenados. Todos os adubos foram incorporados ao solo com o auxílio de uma enxada.

Foram realizadas avaliações das variáveis massa seca de forragem (folha + colmo, kg touceira⁻¹), altura da planta (m), comprimento da folha (cm), largura da folha (mm), diâmetro do colmo (mm) e comprimento do entrenó (mm) nos 16 genótipos de *Pennisetum* spp. em seis ciclos (CI) de avaliação, sendo três em 2010 (21/04, 19/07 e 28/09) e três em 2011 (06/01, 07/04 e 03/08). Em cada avaliação (corte) foram aplicados os tratamentos nitrogenados, juntamente com a adubação de manutenção com cloreto de potássio (66 kg K ha⁻¹).

A forragem cortada rente ao solo foi pesada no campo e uma fração da touceira (três perfilhos) foi levada ao laboratório para secagem em estufa de ventilação forçada, a 65°C por 72h, para posterior determinação da massa seca de forragem (kg MS touceira⁻¹ corte⁻¹). A altura da planta foi obtida com o auxílio de uma trena, a partir da base do perfilho mais desenvolvido até a inflexão da folha mais alta. Tanto o comprimento quanto a largura da folha foram mensurados na primeira folha completamente expandida (aquela que apresentou a lígula completamente exposta), sendo as medidas obtidas com uma trena e um paquímetro, respectivamente. O diâmetro do colmo e o comprimento do entrenó foram mensurados no segundo entrenó a partir do solo (média de três perfilhos touceira⁻¹), com o auxílio de um paquímetro.

Foram realizadas avaliações da clorose foliar, a partir das unidades SPAD (*Soil Plant Analysis Development*), com o auxílio do equipamento SPAD 502 (Konica Minolta[®], Japão) em pontos situados na metade a dois terços do comprimento da folha completamente expandida, a partir da base, de uma das margens da folha. Com o objetivo de ter um valor representativo da touceira, foram realizadas leituras nos estratos basal, mediano e superior da touceira, com 10 leituras/estrato, totalizando 30 medições. Com o auxílio do equipamento LAI 2000 (LI-COR[®], Lincoln, Nebraska, EUA) foram realizadas

avaliações do índice de área foliar (IAF), fazendo-se uma leitura sobre a copa e quatro leituras na região basal da touceira, a 10 cm de altura do solo e da touceira.

Os dados foram analisados como medidas repetidas no tempo, utilizando os modelos mistos através do PROC MIXED (SAS Institute Inc., 2008). Os dados de todas as variáveis foram melhores ajustadas pela matriz componente de variância (VC), pelo menor valor no critério de informação de Akaike (AIC). As médias foram obtidas pelo ajuste dos efeitos fixos por meio do comando LSMEANS do SAS.

Na análise de repetibilidade, o modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ij} = \mu + G_i + A_j + GA_{ij} + \varepsilon_{ij}, \text{ em que:}$$

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

μ : média geral do experimento;

G_i : efeito do i -ésimo genótipo sob a influência do ambiente permanente;

A_j : efeito do A -ésimo ciclo;

ε_{ij} : erro aleatório que envolve outras causas de variação não incluídas no modelo.

Considerando que as estimativas da repetibilidade variam de acordo com a natureza da variável, com as propriedades genéticas dos genótipos e com as condições sob as quais os genótipos são cultivados, foram obtidos coeficientes de repetibilidade com base em quatro métodos distintos, descritos por Cruz & Regazzi (2001): modelo da análise de variância (ANOVA), componentes principais [obtidos a partir de matrizes de covariância (CPCOV) ou de correlação (CPCOR)], e análise estrutural (obtido com base no autovalor teórico da matriz de correlação – AECOR), buscando maior confiabilidade nas estimativas obtidas. O número de medições necessárias nos caracteres avaliados para predizer seu valor real, com base em coeficientes de determinação (R^2) pré-estabelecidos (0,80; 0,85; 0,90; 0,95), foi calculado pela expressão: $\eta = R^2 (1-r)/(1-R^2) r$. Com base na média dos η ciclos ($\eta = 6$) e na estimação dos r obtidos de acordo com as diferentes metodologias utilizadas, foi calculado o R^2 de acordo com a expressão: $R^2 = \eta r / 1 + r(\eta - 1)$.

Foram estimados parâmetros genéticos, representados pela herdabilidade no sentido amplo (h^2), coeficientes de variação genético (CV_G) e índice de variação ($b = CV_G/CV_E$), considerando seis ciclos de avaliação. As análises de repetibilidade e de parâmetros genéticos foram realizadas com o auxílio do software Genes (Cruz, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De modo geral, observou-se que todas as variáveis apresentaram coeficiente de repetibilidade de alta magnitude (médias dos quatro métodos). Os coeficientes de determinação também foram de alta magnitude para todos os caracteres avaliados, indicando que o modelo matemático adotado ajustou-se satisfatoriamente ao conjunto de dados (Tabela 2).

Tabela 2. Estimativas dos coeficientes de repetibilidade (r) e dos coeficientes de determinação (R^2) para massa de forragem (MF), altura da planta (AP), comprimento (CF) e largura da folha (LF), diâmetro do colmo (DC), comprimento do entrenó (CE), clorose foliar (CFol) e índice de área foliar (IAF) de 16 genótipos de *Pennisetum* spp. por quatro métodos.

Métodos ¹	Variáveis															
	MF		AP		CF		LF		DC		CE		CFol		IAF	
	r	R^2	r	R^2	r	R^2	r	R^2	r	R^2	r	R^2	r	R^2	r	R^2
ANOVA	0,81	96	0,68	92	0,77	95	0,81	96	0,68	92	0,57	89	0,84	97	0,68	93
CPCOV	0,86	97	0,74	94	0,78	95	0,82	97	0,77	95	0,58	89	0,84	97	0,72	94
CPCOR	0,84	96	0,73	94	0,78	95	0,83	97	0,74	94	0,61	91	0,85	97	0,70	93
AECOR	0,84	96	0,73	94	0,78	95	0,83	97	0,73	94	0,59	90	0,84	97	0,68	93
Média	0,84	96	0,72	94	0,78	95	0,82	97	0,73	94	0,59	90	0,84	97	0,70	93

¹Métodos: análise de variância (ANOVA), componentes principais, baseada na matriz de covariância (CPCOV) e de correlação (CPCOR), análise estrutural, baseada na matriz de correlação (AECOR).

As variáveis massa de forragem e clorose foliar se destacaram com os maiores valores de r , ou seja, estas variáveis obtiveram alta regularidade entre os ciclos de avaliação. Por outro lado, o comprimento do entrenó apresentou estimativa de r de média magnitude, caracterizando baixa regularidade entre medidas repetidas, evidenciando a influência genético-ambiental sobre esta variável. Daher et al. (2004), avaliando 16 clones

de capim-elefante em 12 ciclos de corte, encontraram valores médios de r inferiores aos observados nesta pesquisa para a altura da planta ($r = 0,49$), para o diâmetro do colmo ($r = 0,65$) e para a massa de forragem ($r = 0,38$), demonstrando a influência do ambiente sobre estas variáveis. Por outro lado, Viana et al. (2009) observaram valores superiores de r para a AP (0,80) e para o IAF (0,90), avaliando cinco clones de capim-elefante de porte baixo em Itambé/PE, ao longo de cinco ciclos de pastejo de ovinos Santa Inês. É possível que as diferentes idades ontogênicas das plantas, devido aos replantios, tenham influenciado estas características, refletindo nos valores de r que, apesar de inferiores, são de alta magnitude.

Considerando as estimativas dos coeficientes de repetibilidade obtidas pelos métodos utilizados para cada variável, bem como o coeficiente de determinação, constatou-se que as estimativas obtidas pelo método da ANOVA foram sempre menores do que aquelas obtidas pelos demais métodos. As estimativas obtidas pelo método dos componentes principais, baseado na matriz de covariância (CPCOV), foram maiores ou iguais à média geral (Tabela 2), bem como às obtidas pelos outros métodos. Esses resultados são concordantes com a literatura, não apenas para o capim-elefante (Shimoya et al., 2002; Daher et al., 2004), mas também para o *Panicum maximum* (Martuscello et al., 2007; Léo et al., 2008), o *Urochloa ruziziensis* (Souza Sobrinho et al., 2010), dentre outras espécies. Cruz & Regazzi (2001) afirmaram que a análise de repetibilidade pode ser mais eficientemente estimada pelo método dos componentes principais. Logo, o método da ANOVA pode estar subestimando os valores de r .

Utilizando o método dos CPCOV, um ciclo de avaliação seria necessário para prever o valor real dos genótipos *Pennisetum* spp. quanto à massa de forragem e à largura da folha; para o CF e CFol, dois ciclos; e para a AP, DC e IAF, três ciclos de avaliação, considerando $R^2 = 90\%$ (Tabela 3). Sob tais circunstâncias, o aumento do número de medições resultaria em pouco acréscimo na precisão. Sendo assim, a redução do número

de avaliações poderá promover medidas mais rápidas, sem perda na precisão ou na confiabilidade nos resultados (Cruz & Regazzi, 2001), o que torna estas informações importantes, principalmente na fase inicial do programa de melhoramento, em que são avaliados um grande número de clones simultaneamente, e a seleção de genótipos superiores deverá ser feita de forma mais acurada possível. Por outro lado, poucos ciclos de avaliação não permitem que o pesquisador obtenha informações pormenorizadas sobre a interação genótipo x ambiente, bem como sobre o comportamento individual do genótipo frente às variações ambientais.

Para a massa de forragem, utilizando o método dos CPCOV, Daher et al. (2004) em capim-elefante, determinaram que cinco avaliações seriam suficientes para seleção dos genótipos mais promissores. Para Cargnelutti Filho et al. (2004) e Léo et al. (2008), em *P. maximum*, 14 e 13 avaliações, respectivamente; e Souza Sobrinho et al. (2010), em *U. ruziziensis*, 32 observações. Estes resultados apontaram que os valores de r variaram com as propriedades genéticas da espécie e que foram influenciadas pelas condições ambientais.

O baixo número de ciclos de avaliação obtido nesta pesquisa pode ter sido devido à matriz de covariância adotada (VC) na análise de medidas repetidas no tempo, que melhor se ajustou ao conjunto de dados, resultando em médias mais uniformes entre os ciclos de avaliação, refletindo nos valores de r (que foram de alta magnitude; Tabela 2) e, conseqüentemente, no número de medições. Viana et al. (2009) também observaram que um ciclo de avaliação já seria suficiente para selecionar genótipos de *Pennisetum* spp. quanto as variáveis altura da planta ($r = 0,80$; $R^2 = 93\%$) e IAF ($r = 0,88$; $R^2 = 94\%$).

Tabela 3. Estimativa do número de medições (η) das variáveis massa de forragem (MF), altura da planta (AP), comprimento (CF) e largura da folha (LF), diâmetro do colmo (DC), comprimento do entrenó (CE), clorose foliar (CFol) e índice de área foliar (IAF) de 16 genótipos de *Pennisetum* spp.

Métodos ¹	R ²	Variáveis							
		MF	AP	CF	LF	DC	CE	CFol	IAF
ANOVA	0,80	1	1	1	1	2	3	1	2
	0,85	1	2	1	1	3	4	1	3
	0,90	2	4	2	2	4	7	2	4
	0,95	4	8	5	4	8	14	4	9
CPCOV	0,80	1	1	1	1	1	3	1	2
	0,85	1	1	1	1	2	4	1	2
	0,90	1	3	2	1	3	7	2	3
	0,95	3	6	5	4	6	14	4	7
CPCOR	0,80	1	1	1	1	1	3	1	2
	0,85	1	2	1	1	2	4	1	2
	0,90	1	3	2	1	3	6	2	4
	0,95	3	6	5	3	7	12	3	8
AECOR	0,80	1	1	1	1	1	3	1	2
	0,85	1	2	1	1	2	4	1	3
	0,90	1	3	2	1	3	6	2	4
	0,95	3	6	5	4	7	13	4	9

¹Métodos: análise de variância (ANOVA), componentes principais, baseada na matriz de covariância (CPCV) e de correlação (CPCOR), análise estrutural, baseada na matriz de correlação (AECOR).

A herdabilidade no sentido amplo foi de alta magnitude (> 80%) para todas as variáveis, pela classificação proposta por Falconer (1987). Contudo, a menor magnitude foi observada para o comprimento do entrenó (Tabela 4), reforçando a influência do fator ambiental sobre esta variável, ou seja, com as variações observadas na precipitação pluvial durante o período experimental (Figura 1), também houve variação no comprimento entre os ciclos de avaliação ($\hat{r} = 0,59$; Tabela 2), refletindo no maior número de medições para prever o valor real dos genótipos (Tabela 3).

Tabela 4. Parâmetros genéticos para as variáveis massa de forragem (MF), altura da planta (AP), comprimento (CF) e largura da folha (LF), diâmetro do colmo (DC), comprimento do entrenó (CE), clorose foliar (CFol) e índice de área foliar (IAF) de 16 genótipos de *Pennisetum* spp.

Parâmetros genéticos*	Variáveis							
	MF	AP	CF	LF	DC	CE	CFol	IAF
h^2 (%)	96	93	95	96	93	81	97	93
CV _G (%)	38,19	8,57	16,05	16,17	16,43	7,67	6,09	7,79
<i>b</i>	0,74	0,60	0,98	1,04	0,83	0,74	1,07	0,43

* h^2 : herdabilidade no sentido amplo; CV_G: coeficiente de variação genético; *b*: índice de variação.

Os resultados observados por Daher et al. (2004) foram inferiores para massa de forragem, altura da planta e diâmetro do colmo, com h^2 de 33, 84 e 75%, respectivamente. Assis et al. (2010), Itambé/PE, avaliando a produção de 112 híbridos interespecíficos nas formas *per se* e estratificada, obtiveram valores de h^2 de alta magnitude, na ordem de 91 e 86%, respectivamente. Silva et al. (2010), avaliando 54 clones de capim-elefante também em Itambé/PE, obtiveram h^2 inferiores aos dessa pesquisa para altura da planta ($h^2 = 47\%$), diâmetro do colmo ($h^2 = 77\%$), comprimento da folha ($h^2 = 49\%$) e largura da folha ($h^2 = 78\%$). Por outro lado, Silva et al. (2009), observaram em nove clones de capim-elefante, h^2 semelhante aos dessa pesquisa para as variáveis AP ($h^2 = 90\%$), CF ($h^2 = 93\%$), DC ($h^2 = 98\%$) e CE ($h^2 = 83\%$). Do mesmo modo, Cunha et al. (2011), avaliando oito genótipos de *Pennisetum* spp. em Itambé/PE, em quatro ciclos de corte, observaram h^2 (93%) semelhante para o IAF. Estas informações evidenciaram que o fator genético das variáveis analisadas variou de acordo com o genótipo, de modo que as informações obtidas são específicas para o grupo genético avaliado.

Segundo Sebbenn et al. (1998), CV_G acima de 7% poderá ser considerado alto. Logo, a exceção da clorose foliar, este parâmetro foi de alta magnitude para as demais variáveis, indicando haver variabilidade genética entre os genótipos avaliados, que foi devido, principalmente, aos cultivares parentais que são altamente heterozigóticos. O índice de variação, que quantifica a predominância da variância ambiental sobre a genética, só foi

favorável à seleção para a variável largura da folha e para a clorose foliar. Este índice, quando superior a unidade, indica que o componente genético é pouco influenciado pelo ambiente, sendo, portanto, um caráter indicado a ser utilizado na seleção de genótipos superiores. A h^2 de 96 e de 97% para a largura e para a clorose foliar, respectivamente, reforça esta hipótese.

CONCLUSÕES

As estimativas dos coeficientes de repetibilidade são de média-alta magnitude para todas as variáveis quando analisadas pelo método dos componentes principais, baseado na matriz de covariância.

Para a massa de forragem, comprimento da folha, altura da planta, comprimento e largura da folha, diâmetro do colmo, clorose foliar e índice de área foliar, até três ciclos de avaliação são suficientes para predizer o valor real dos genótipos de *Pennisetum* spp. mais promissores ($R^2 = 90\%$). Para o comprimento do entrenó, o mínimo de sete avaliações serão necessárias.

Os parâmetros genéticos são de alta magnitude para todas as variáveis estudadas, sendo a largura da folha aquela que favorece a seleção de genótipos superiores mais eficientemente, devido a baixa influência do fator ambiental sobre esta variável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSIS, L.C.S.L.C.; LIRA, M.A.; SANTOS, M.V.F. et al. Estimativa de parâmetros genéticos sob duas estratégias de avaliação em híbridos intra e interespecíficos de capim-elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.12, p.2589-2597, 2010.
- AUAD, A.M.; SIMÕES, A.D.; PEREIRA, A.V. et al. Seleção de genótipos de capim-elefante quanto à resistência à cigarrinha-das-pastagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.8, p.1077-1081, 2007.
- BELTRÃO, B.A.; MASCARENHAS, G.C.; MIRANDA, J.L.F. et al. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea Estado de Pernambuco: diagnóstico do município de Itambé**. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. 22p.
- CAVALCANTE, M.; LIRA, M.A. Variabilidade genética em *Pennisetum purpureum* Schumacher. **Revista Caatinga**, v.23, n.2, p.153-163, 2010.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; CASTILHOS, Z.M.S.; STORCK, L. et al. Análise de repetibilidade de caracteres forrageiros de genótipos de *Panicum maximum*, avaliados com e sem restrição solar. **Ciência Rural**, v.34, n.3, p.723-729, 2004.
- CRUZ, C.D. **Programa Genes: Biometria**. Viçosa: Editora UFV, 2006. 382p.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2 ed. Viçosa: Editora UFV, 2001. 390p.
- CUNHA, M.V.; LIRA, M.A.; SANTOS, M.V.F. et al. Association between the morphological and productive characteristics in the selection of elephant grass clones. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.3, p.482-488, 2011.
- DAHER, R.F.; MALDONADO, H.; PEREIRA, A.V. et al. Estimativas de parâmetros genéticos e de coeficientes de repetibilidade de caracteres forrageiros em clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). **Acta Scientiarum.Agronomy**, v.26, n.4, p.483-490, 2004.
- FALCONER, D.S. **Introduction to quantitative genetics**. 2 ed. London: Longman, 1987. 340p.
- FERREIRA, R.P.; PEREIRA, A.V. Melhoramento de forrageiras. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: Editora UFV, 2005. p.781-812.
- FREITAS, E.V.; LIRA, M.A.; DUBEUX JÚNIOR, J.C.B. et al. Características produtivas e qualitativas de clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) avaliados sob pastejo na zona da mata de Pernambuco. **Acta Scientiarum.Animal Sciences**, v.26, n.2, p.251-257, 2004.
- ITEP. Instituto de Tecnologia de Pernambuco. **LAMEPE: banco de dados pluviométricos do município de Itambé**. Disponível em: <<http://www.itep.br/LAMEPE>>. Acesso em: 28 set. 2011.

LÉDO, F.J.S.; PEREIRA, A.V.; SOUZA SOBRINHO, F. et al. Estimativas de repetibilidade para caracteres forrageiros em *Panicum maximum*. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.4, p.1299-1303, 2008.

LIRA, M.A. Cultura do milheto. In: **Cultura do milheto: curso para extensionista agrícola**. Fortaleza: BNB-ETENE. 1982. p. 9-22.

LIRA, M.A.; CUNHA, M.V.; PEREIRA, A.V. Melhoramento genético do capim-elefante. In: LIRA, M.A.; SANTOS, M.V.F.; DUBEUX JÚNIOR, J.C.B. et al. (Eds.). **Capim-elefante: fundamentos e perspectivas**. Recife: IPA/UFRPE, 2010. p.31-48.

MARTUSCELLO, J.A.; JANK, L.; FONSECA, D.M. et al. Repetibilidade de caracteres agronômicos em *Panicum maximum* Jacq. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1975-1981, 2007.

MELLO, A.C.L.; LIRA, M.A.; DUBEUX JÚNIOR, J.C.B. et al. Caracterização e seleção de clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) na Zona da Mata de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.30-42, 2002.

MELLO, A.C.L.; LIRA, M.A.; DUBEUX JÚNIOR, J.C.B. et al. Degradação ruminal da matéria seca de clones de capim-elefante em função da relação folha/colmo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1316-1322, 2006.

MORAIS, R.F.; SOUZA, B.J.; LEITE, J.M. et al. Elephant grass genotypes for bioenergy production by direct biomass combustion. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.2, p.133-140, 2009.

OLIVEIRA, T.N.; SANTOS, M.V.F.; LIRA, M.A. et al. Estimativa de coeficientes de repetibilidade para mancha ocular em clones de *Pennisetum*. **Archivos de Zootecnia**, v.60, n.231, p.797-808, 2011.

PACIULLO, D.S.C.; DERESZ, F.; AROEIRA, L.J.M. et al. Morfogênese e acúmulo de biomassa foliar em pastagem de capim-elefante avaliada em diferentes épocas do ano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.7, p.881-887, 2003.

PEREIRA, A.V.; MARTINS, C.E.; CRUZ FILHO, A.B. et al. Pioneiro - nova cultivar de capim-elefante para pastejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1997. p.102-104.

RESENDE, M.D.V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 975p.

SAS INSTITUTE INC. **SAS/STAT 9.2: User's guide for MIXED procedure**. Cary: SAS Institute Inc., 2008. 224p.

SEBBENN, A.M.; SIQUEIRA, A.C.M.F.; KAGEYAMA, P.Y. et al. Parâmetros genéticos na conservação da cabreúva (*Myroxylon peruiferum* L.F. Allemão). **Scientia Forestalis**, n.53, p.31-38, 1998.

SILVA, A.L.C.; SANTOS, M.V.F.; FERREIRA, R.L.C. et al. Variabilidade e herdabilidade de caracteres qualitativos relacionados à qualidade de forragem de clones de capim-elefante na Zona da Mata de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.1, p.39-46, 2010.

SILVA, M.A.; LIRA, M.A.; SANTOS, M.V.F. et al. Rendimento forrageiro e valor nutritivo de clones de *Pennisetum* sob corte, na zona da mata seca. **Archivos de Zootecnia**, v.60, n.229, p.63-74, 2011.

SILVA, S.H.B.; SANTOS, M.V.F.; LIRA, M.A. et al. Uso de descritores morfológicos e herdabilidade de caracteres em clones de capim-elefante de porte baixo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.8, p.1451-1459, 2009.

SHIMOYA, A.; PEREIRA, A.V.; FERREIRA, R.P. et al. Repetibilidade de caracteres forrageiros do capim-elefante. **Scientia Agrícola**, v.59, n.2, p.227-234, 2002.

SOUZA SOBRINHO, F.; BORGES, V.; LÉDO, F.J. et al. Repetibilidade de características agronômicas e número de cortes necessários para seleção de *Urochloa ruziziensis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.6, p.579-584, 2010.

VIANA, B.L.; MELLO, A.C.L.; LIRA, M.A. et al. Repetibilidade e respostas de características morfofisiológicas e produtivas de capim-elefante de porte baixo sob pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.12, p.1731-1738, 2009.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta pesquisa, em que foram avaliados aspectos produtivos e genéticos de 16 genótipos de *Pennisetum* spp. sob quatro níveis de N, por seis ciclos entre os anos de 2010/2011, pôde-se observar que os caracteres morfofisiológicos avaliados foram influenciados pelos fatores ambientais (N e ciclos). Contudo, a menor influência foi observada para o novo híbrido IPA-7 (Pioneiro x IPA Bulk-1).

Entre as variáveis, o comprimento do entrenó não é um caráter favorável à seleção, uma vez que apresentou o maior número de grupos de similaridade (Capítulo 2); coeficiente de repetibilidade de média magnitude, refletindo no maior número de ciclos de avaliação necessários para selecionar genótipos com confiabilidade; e ainda, parâmetros genéticos de médio-baixa magnitude (Capítulo 3). Por outro lado, a largura da folha foi a variável que menos sofreu influência dos níveis de N em cada ciclo; apresentou valores de r de alta magnitude, refletindo no baixo número de ciclos de avaliações; e parâmetros genéticos de alta magnitude, favoráveis à seleção de genótipos superiores.

Diante dos resultados obtidos, o Programa de Melhoramento do Capim-elefante e de seus Híbridos com Milheto do convênio IPA/UFRPE poderá adotar as seguintes estratégias:

- 1) Selecionar o novo híbrido IPA-7 e avaliá-lo na Fase 2 do Programa de Melhoramento de espécies forrageiras, ou seja, avaliar a influência do animal sobre as plantas;
- 2) Realizar novos ensaios, porém, em parcelas com maior número de plantas;
- 3) Avaliar a influência do nitrogênio sobre caracteres histológicos, bromatológicos e morfogênicos dos novos híbridos;
- 4) Investigar o porquê dos híbridos interespecíficos apresentarem grande dificuldade de implantação, sendo necessário constantes replantios, uma vez que esta não é uma característica de interesse;

- 5) Investigar se os novos híbridos fixam nitrogênio biologicamente, identificar quais diazotrofos estão envolvidos e quantificar a magnitude da fixação;
- 6) Investigar a viabilidade do uso dos genótipos como fonte renovável de combustível, através dos teores de lignina e de celulose e do poder calorífico;
- 7) Caracterizar geneticamente, através de marcadores moleculares, o banco de germoplasma do IPA. Por meio das distâncias genéticas e de variáveis agrônomo-bromatológicas de interesse, pode-se indicar cruzamentos de genótipos mais eficientemente.