

Análise de cruzamentos dialélicos entre capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) e milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.). 2. Características bromatológicas

Antônio Vander Pereira¹, Rogério Figueiredo Daher^{2*}, Messias Gonzaga Pereira³, Francisco José da Silva Léo¹, Fausto de Souza Sobrinho¹, Antônio Teixeira do Amaral Junior³, Vicente de Paula Freitas¹, Telma Nair Santana Pereira³ e Cláudia Fortes Ferreira⁴

¹Embrapa Gado de Leite. Rua Eugênio do Nascimento, 610, 36038-330. Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil. ²Laboratório de Engenharia Agrícola (LEAG), Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias (CCTA), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), Av. Albetto Lamego, 2000, 28013-600, Horto, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil. ³Laboratório de Melhoramento Genético Vegetal (LMGV), Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. ⁴Embrapa Mandioca e Fruticultura. Rua Embrapa, s/n, Cx. Postal 007, 44380-000, Cruz das Almas, Bahia, Brasil. *Autor para correspondência. e-mail: rogdahe@uenf.br

RESUMO. Cento e trinta e dois híbridos interespecíficos obtidos por cruzamentos dialélicos entre onze genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) e doze de milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) foram avaliados em blocos ao acaso, com três repetições de tratamentos, de março de 2001 a abril de 2002, na Embrapa Gado de Leite, Coronel Pacheco, Estado de Minas Gerais. Objetivou-se estimar a capacidade geral de combinação (CGC) e a capacidade específica de combinação (CEC) de oito características bromatológicas, utilizando o método 4 do modelo proposto por Griffing (1956). Verificou-se que, para a característica percentagem de proteína bruta, não foi detectada variabilidade genética entre os genitores. Os cruzamentos F94-28-3 x ICMV 87901, F92-97-3 x ICMV 87901, F93-4-2 x Wrajpop 88, F92-101-2 x ICMV 221, F92-101-2 x Senpop e F93-4-2 x NPM 1 destacaram-se com relação às características relacionadas com a digestibilidade da forragem, aliadas a reduzidos teores de fibra, principalmente a mais insolúvel (%FDA).

Palavras-chave: hibridação interespecífica, capacidade de combinação, percentagem de proteína bruta, percentagem de fibra em detergente ácido, efeitos gênicos aditivos, efeitos gênicos de dominância.

ABSTRACT. Analysis of diallel crosses between elephantgrass (*Pennisetum purpureum* Schum.) and pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.). 2. **Bromatologic characteristics.** One hundred-thirty-two interspecific hybrids obtained through diallel cross among eleven elephantgrass (*Pennisetum purpureum* Schum.) and twelve pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) genotypes were evaluated in a complete randomized block design, with three replications, from march of 2001 to april of 2002, in Embrapa Gado de Leite, Coronel Pacheco, Minas Gerais State. This work aimed to estimate the general combining ability (GCA) and specific combining ability (SCA) in eight bromatologic characteristics using the method 4, Griffing (1956) model. There was not genetic variability among parents, considering crude protein percentage characteristic. F94-28-3 x ICMV 87901, F92-97-3 x ICMV 87901, F93-4-2 x Wrajpop 88, F92-101-2 x ICMV 221, F92-101-2 x Senpop, and F93-4-2 x NPM 1 crosses were better considering forage digestibility characteristics, as reduced percentage of fibers, mainly the insoluble (%ADF).

Key words: interspecific hybridization, combining ability, crude protein percentage, fiber percentage in acid detergent, additive genic effect, dominance genic effect.

Introdução

A obtenção de híbridos entre *P. glaucum* e *P. purpureum* pode ser conseguida com relativa

facilidade, possibilitando, dessa forma, aproveitamento do germoplasma de milheto no melhoramento do capim-elefante (Pereira *et al.*, 1997 e 2000). O germoplasma do milheto pode

ser utilizado para transferência de caracteres importantes ainda não identificados no capim-elefante, como resistência à seca, à salinidade, sementes de maior tamanho e outros (Pereira, 1998).

O milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) é uma gramínea anual, com colmos eretos, grossos e fistulosos, atingindo até 3 m de altura. As folhas são largas, compridas, com ápice bem aguçado. A inflorescência é uma espiga, cujo formato difere conforme a variedade (Otero, 1961). O milheto apresenta características semelhantes às dos sorgos forrageiros, sem o problema de toxidez verificado nestes, no início do ciclo vegetativo, e apresenta alto rendimento, boa palatabilidade e rusticidade (Araújo, 1978). É utilizado como cultura forrageira nos Estados Unidos, Austrália, África e Índia, possuindo potencial para ser utilizado em rações de aves, de suínos e de bovinos. É amplamente utilizado como fonte alimentar (grãos) em locais onde a seca e a frustração da colheita são uma possibilidade sempre presente, especialmente em regiões áridas ou semi-áridas da África (Trópicos Semi-Áridos e África Subsaariana) e da Índia (subcontinente), com pluviosidade média inferior a 400 mm anuais, constituindo-se nos centros de diversidade da espécie.

No Brasil, é cultivado, desde 1930, como pastagem ou forragem, mas é utilizado de forma limitada por produtores de grãos na região do Triângulo Mineiro. Seu sucesso no Rio Grande do Sul é devido, principalmente, à produção de excelente quantidade de massa verde em solos arenosos e pobres, desde que não sejam úmidos; entretanto não resiste a invernos fortes (Otero, 1961; Cóser e Maraschin, 1981).

A variabilidade genética existente entre as cultivares de milheto, condição primordial para a condução de um programa de melhoramento eficiente, é imensa e ainda não é completamente conhecida. O milheto apresenta grande amplitude de variabilidade genética no germoplasma já coletado, em que genes de grande importância permanecem não identificados (Andrews e Kumar, 1992).

Outra espécie relacionada é o *P. squamulatum*, cujo genoma apresenta segmentos comuns aos genomas A' e B do capim-elefante. Essas espécies pertencem ao conjunto gênico secundário (Harlan e De Wet, 1971) do capim-elefante e apresentam elevado potencial de utilização no seu melhoramento, possibilitando a ampliação da base genética da espécie.

O capim-elefante apresenta número básico cromossômico $x = 7$, tendo evoluído para um anfidiplóide ($2n = 4x = 28$), com comportamento diplóide normal (Manara, 1973; Brunken, 1977), possuindo os genomas A'A'BB (Jauhar, 1981), sendo que o primeiro desses apresenta grande homologia com o genoma A do milheto (Dujardin e Hanna, 1985). Essas duas espécies originam híbridos estéreis de grande interesse forrageiro. Normalmente, o híbrido interespecífico assemelha-se mais ao capim-elefante, por causa da maior contribuição genética ($2/3$ dos cromossomos) e da dominância do genoma B do *P. purpureum* sobre o genoma A do *P. glaucum* (Gonzales e Hanna, 1984). A restauração da fertilidade do híbrido pode ser conseguida pela duplicação do conjunto cromossômico (Hanna et al., 1984; Dujardin e Hanna, 1985; Hanna e Dujardin 1986).

O grupo dos híbridos interespecíficos (triplóides e hexaplóides), obtidos pela combinação genética entre *P. glaucum* x *P. purpureum*, tem-se revelado uma alternativa para a obtenção de cultivares superiores (Boddorff e Occumpaugh, 1986; Hanna e Monson, 1980; Schank e Chynoweth, 1993). Além de melhor qualidade forrageira, os híbridos hexaplóides apresentam elevada produção de sementes grandes e viáveis, o que os recomenda para propagação via semente (Rajasekaran et al., 1986; Schank et al., 1993; Diz, 1994).

Os objetivos do presente trabalho foram estimar as capacidades geral e específica de combinação de cultivares de capim-elefante e de milheto empregados no esquema de dialelo parcial com base em características bromatológicas, empregando a metodologia de Griffing (1956), e indicar híbridos interespecíficos produtivos, com elevado valor nutritivo e alta digestibilidade para uso sob pastejo e/ou corte.

Material e métodos

O trabalho foi realizado na Estação Experimental da Embrapa Gado de Leite, em Coronel Pacheco, Estado de Minas Gerais, de março de 2001 a abril de 2002, compreendendo o ciclo completo de um ano. Coronel Pacheco está localizada na Zona da Mata de Minas Gerais, a 426 m de altitude, 21° 55' 50" de latitude Sul e 43° 16' 15" de longitude Oeste. Conforme o sistema de classificação de Köppen (1948), citado por Ometto (1981), o tipo climático é Cwa, com verões chuvosos e com invernos secos. A região é de formação cristalina, de origem pré-cambriana,

apresentando relevo predominantemente montanhoso.

Onze genitores de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) (1: F92-101-2; 2: BAG-75; 3: F94 -28-3; 4: F93-8-1; 5: F93-4-2; 6: BAG-19; 7: F91-27-1; 8: BAG-27; 9: F91-2-5; 10: F92-97-3 e 11: BAG-64) foram escolhidos com base no seu comportamento em relação às características genéticas e morfoagronômicas divergentes, descritas em literatura (Xavier *et al.*, 1995; Daher *et al.*, 1997) e na sua importância forrageira. Doze genitores de milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) (1: M - 27; 2: M - 29; 3: M - 30; 4: M - 31; 5: M - 35; 6: M - 36; 7: M - 40; 8: M - 41; 9: M - 42; 10: M - 59; 11: M - 60 e 12: M - 62) foram selecionados dentre materiais genéticos do Banco de Germoplasma de "Pearl Millet" do ICRISAT (*International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics*) - Índia, introduzidos em 1993 pela Embrapa Gado de Leite, priorizando-se acessos de florescimento tardio, de modo a alcançar sincronia para se efetuarem as polinizações.

Os 132 híbridos interespecíficos foram semeados em recipientes plásticos com as dimensões de 12 x 15 x 0,06 cm (largura x altura x espessura), preenchidos com uma mistura de duas partes de terra de barranco peneirada, duas partes de terra de superfície peneirada e duas partes de esterco de curral curtido e peneirado.

O transplantio das mudas para o campo foi realizado entre abril e agosto dos anos de 1999 e 2000, a partir do momento em que as mudas atingiam 20 cm de altura, cerca de 40 dias após a germinação.

O experimento foi instalado em um solo de meia encosta, classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo, distrófico, textura argilo-arenosa. Procedeu-se à calagem na dose de 2 t/ha de calcário dolomítico. O plantio foi realizado de 12 a 16 de março de 2001 por meio de pedaços de colmo, em fileira simples, em sulcos de 10 cm de profundidade, acompanhado de 100 kg/ha de P_2O_5 incorporado no fundo do sulco.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com 132 tratamentos (híbridos interespecíficos) e três repetições de tratamentos, utilizando-se, pelo menos, 20 pedaços com três nós de colmo de plantas diferentes provenientes de uma mesma combinação híbrida que foram semeadas em 4 metros lineares, constituindo a parcela. Entre cada linha, foi dado um espaço de 1,5 m, resultando em área total da parcela de 6 m². As pesagens, as medições e as amostragens foram realizadas em dois metros lineares distribuídos

aleatoriamente no interior da parcela, evitando-se as falhas, o que resultou em 3 m² de área útil. Como bordaduras, foram plantadas duas linhas com a cultivar Cameroon em torno de todo o experimento.

Foram realizados dois cortes de uniformização: o primeiro em 28 e 29 de maio de 2001 e o segundo em 10 de setembro de 2001. Nas parcelas em que havia falhas, procedeu-se ao replantio com as plantas cortadas da própria parcela. Foram realizados três cortes de avaliação: o primeiro de 19 a 29 de novembro de 2001, o segundo entre 30 de janeiro e 4 de fevereiro de 2002 e o terceiro foi realizado de 10 a 24 de abril de 2002. Após cada corte, foi efetuada adubação em cobertura com 67 kg/ha da formulação NPK 20-5-20.

As amostras de plantas integrais, obtidas dos blocos 1 e 2 e apenas avaliadas no terceiro corte, foram secas a uma temperatura de 60°C sob circulação de ar por 72 horas. Após a secagem, as amostras foram moídas (1 mm) em moinho tipo Wiley e acondicionadas em vidros.

As análises bromatológicas foram realizadas pelo método da reflectância no infravermelho proximal (NIRS) em um espectrômetro Perstorp analytical, Silver Spring, MD, modelo 5000, acoplado a um microcomputador equipado com programa ISI versão 4.1 (Infrasoft International University, Park, PA) da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, Estado do Mato Grosso do Sul. A leitura foi realizada utilizando-se os comprimentos de onda de 1.100 a 2.500 nanômetros. As seguintes características foram avaliadas: percentagem de matéria orgânica (%MO); percentagem de proteína bruta (%PB); percentagem de fibra em detergente neutro (%FDN); percentagem de fibra em detergente ácido (%FDA); percentagem de lignina S (%LigS); digestibilidade *in vitro* da matéria seca, em percentagem (DIVMO); percentagem de celulose (%Cel) e percentagem de sílica (%Sil).

Realizou-se uma análise de variância para cada uma das características, considerando-se como fixos todos os efeitos, exceto bloco e erro experimental.

As análises da capacidade geral de combinação, tanto do capim-elefante quanto do milheto, e da capacidade específica de combinação envolvendo os 132 híbridos interespecíficos foram realizadas de acordo com o Método 4 (inclusão apenas dos híbridos F1's) do Modelo de Griffing (1956), adaptado a dialelos parciais. Considerando-se que todas as conclusões devem ser limitadas aos genótipos em estudo, adotou-se o Modelo Fixo.

As análises foram realizadas com o uso do programa computacional Genes (Cruz, 2001).

Resultados e discussão

Verificaram-se diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F ($P < 0,01$), para as características percentagem de fibra em detergente neutro (%FDN), percentagem de fibra em detergente ácido (%FDA), digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMO) e percentagem de celulose (%CEL). As diferenças também foram significativas ao nível de 5% de probabilidade ($P < 0,05$) para percentagem de matéria orgânica (%MO), entretanto apresentaram-se não-significativas para percentagem de proteína bruta (%PB), percentagem de lignina S (%LigS) e percentagem de sílica (%Sil) ($P > 0,05$). As variáveis em que se verificaram diferenças não significativas (%PB, %Sil e %LigS) apresentaram valores mais elevados de coeficiente de variação. As características %MO, %FDN, %Cel e %FDA apresentaram baixos valores de coeficiente de variação, com valores de 1,3%, 3,1%, 4,5% e 4,9% (Tabela 1). Souza *et al.* (1971) também encontraram maiores estimativas de coeficiente de variação para a produção de matéria seca (72,38% e 64,42% no 1.º e 2.º cortes, respectivamente), seguida da característica altura das plantas (35,17% e 35,60%) e das características bromatológicas percentagem de proteína bruta (20,13% e 25,68%) e digestibilidade 'in vitro' da matéria seca (9,96% e 17,21%).

Possivelmente em função da idade avançada das plantas e do pequeno número de repetições (duas) utilizado para a obtenção das estimativas das médias, verificou-se ausência de discriminação proporcionada pelo teste de comparação de médias de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade, para as características bromatológicas, excetuando-se %FDA e %Cel, nas quais houve a discriminação e a formação de dois grupos para cada uma dessas características.

Os teores de proteína bruta variaram de 3,2% (híbridos 23 e 129) a 7,35% (híbrido 25), com média geral igual a 4,59%. Os teores descritos por Souza (1971) variaram de 6,04% (híbrido Napier x 239-DA2) a 9,30% (híbrido Napier x 23-A), com média de 8%, bastante similares aos do presente trabalho. Barreto *et al.* (2001) encontraram estimativas de percentagem de proteína bruta iguais a 15,49% para o híbrido HV-241 e valor médio de 14,45% considerando todos os tratamentos (os cultivares de capim-elefante e o híbrido HV-241). Esses valores ratificam as informações anteriores com relação à idade relativamente avançada das plantas na época do corte, acarretando redução no teor de proteína bruta

da forragem.

Analogamente à característica percentagem de proteína bruta na planta integral (%PB), as características %LigS e %Sil também não apresentaram efeito significativo de tratamentos (híbridos interespecíficos), sendo os valores médios encontrados de 5,07% e 3,29% respectivamente.

A digestibilidade *in vitro* da matéria seca apresentou valor médio de 45,08%, com limite inferior de 32,95% para o híbrido 45 e limite superior de 60,7% para o híbrido 29. Souza (1971) descreveu um valor médio para essa característica de 38,5% para um período de crescimento de 80 dias (1.º corte) e 34,58% para plantas híbridas com 110 dias de idade (2.º corte). Pode-se constatar que existem, no presente trabalho, híbridos altamente promissores quanto à digestibilidade da matéria seca.

A percentagem de fibra em detergente ácido (%FDA), característica relacionada com a digestibilidade da forragem, apresentou um comportamento diferenciado em relação à percentagem de fibra em detergente neutro (%FDN), possibilitando dividir os híbridos interespecíficos em dois grupos: o primeiro com teores entre 53,75% e 48,25% e o segundo com limite inferior de 39,05%.

As características bromatológicas apresentaram efeitos da capacidade geral de combinação bastante distintos entre si (Tabela 1). As estimativas dos quadrados médios da CGC dos genitores do Grupo 1 (capim-elefante) foram significativas, pelo teste F ($P < 0,01$), para a grande maioria das características bromatológicas. %PB e %LigS apresentaram estimativas de quadrados médios de CGC dos genitores do grupo 1 não significativas ($P > 0,05$). Por outro lado, considerando as estimativas dos quadrados médios da CGC dos genitores do Grupo 2 (milheto), verificou-se o contrário, ou seja, a maioria das características apresentou estimativas de quadrados médios não significativas ($P > 0,05$), incluindo %PB e %FDN, em que se esperava do genoma do milheto grande contribuição para o aumento do valor nutritivo dos híbridos interespecíficos com o capim-elefante. Dessa forma, houve um predomínio de efeitos gênicos aditivos no controle das características bromatológicas, principalmente devido às significâncias dos efeitos de CGC para os genitores de capim-elefante. As ausências de significância verificadas, notadamente no grupo de genitores de milheto, traduzem a reduzida variabilidade genética presente entre os genitores com referência às características bromatológicas, evidenciadas pela característica %PB, em que não foi registrado efeito gênico aditivo

por parte de nenhum dos grupos de genitores.

Para CEC das características bromatológicas, as estimativas dos quadrados médios foram altamente significativas ($P < 0,01$), pelo teste F, para %FDN, %FDA e %Cel, e mostraram significância ($P < 0,05$) para %MO e DIVMO. A significância dos quadrados médios referentes à CEC indica a presença de efeitos gênicos não-aditivos no controle dessas características. Desse modo, constatou-se que, para a maioria dessas características, ocorreu efeito gênico não aditivo (ou de dominância), excetuando-se %LigS e %Sil, em que ocorreu apenas efeito gênico aditivo, e %PB, em que, particularmente, não foi evidenciado tipo algum de ação gênica, ou seja, houve completa ausência de variabilidade genética para ambos os grupos de genitores (Tabela 1).

Encontram-se nas Tabelas 2 e 3, respectivamente, as estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação ($\hat{g}_i$) de onze genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) e de doze genótipos de milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) para oito características bromatológicas avaliadas em 132 combinações híbridas resultantes dos cruzamentos dialélicos interespecíficos, respectivamente.

Para as características %MO, %FDN, %FDA, %LigS, %Cel e %Sil, interessam os maiores valores negativos de estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação ($\hat{g}_i$); para %PB e DIVMO, interessam os maiores valores positivos de ($\hat{g}_i$). Nesse contexto, observa-se que, dentre os genitores de capim-elefante citados anteriormente (acessos BAG-75, BAG-19, BAG-27 e BAG-64) como promissores por contribuírem para o aumento da frequência de genes favoráveis para a produção de matéria seca, nenhum deles se destacou em apresentar valores negativos de $\hat{g}_i$ para %MO, %FDN, %FDA, %LigS, %Cel e %Sil. É importante ressaltar que, para as características %PB e %LigS, devido à não-significância das estimativas de quadrados médios de CGC (dos genitores do grupo de capim-elefante) ($P > 0,05$) (Tabela 1) e conseqüente ocorrência de efeitos gênicos não-aditivos, foram desconsideradas as estimativas de $\hat{g}_i$.

Em relação às características %MO, %FDN e %FDA, observou-se, pela Tabela 2, que as maiores estimativas negativas de $\hat{g}_i$, com seus respectivos valores, ocorreram com os genitores F94-28-3 (-0,8845, -1,6292 e -1,5894) e F93-4-2 (-0,4303, -0,6958 e -0,8144). Para %MO, a terceira maior estimativa negativa de $\hat{g}_i$ ocorreu para o genitor F92-101-2, com o valor de -0,2303. Para %FDN, ocorreu para o genitor F93-8-1 com o valor de -

0,3750 e, para %FDA, a terceira maior estimativa negativa de $\hat{g}_i$ ocorreu para BAG-64 com o valor de $\hat{g}_i$ igual a -0,6352. A grande coincidência encontrada nos valores de $\hat{g}_i$ para %FDN e %FDA, em ambos os grupos (Tabelas 2 e 3), retrata a grande semelhança entre essas duas características, que se diferenciam apenas pela ausência de hemicelulose junto ao resíduo insolúvel após tratamento com o detergente ácido específico (Silva, 1990; Mertens, 1996).

Para a característica DIVMO, as estimativas positivas de $\hat{g}_i$ ocorreram para os genitores F93-4-2, F94-28-3 e F92-101-2, com os respectivos valores de 2,9606, 2,8731 e 2,8731 (Tabela 2). Isso denota que esses genitores poderão ser indicados para programas de melhoramento intraespecífico, visando à melhoria da digestibilidade do capim-elefante.

Observa-se, ainda pela Tabela 2, que, para a característica percentagem de celulose (%Cel), o genitor F94-28-3 apresentou a maior estimativa negativa de $\hat{g}_i$ (-1,2314). Em seguida, as maiores estimativas negativas de $\hat{g}_i$, com seus respectivos valores, ocorreram com os genitores BAG-64 (-0,6106), F91-2-5 (-0,4356), F93-4-2 (-0,3939) e F93-8-1 (-0,3273). Para a característica percentagem de sílica (%Sil), após o genitor BAG-75 (-0,2655), as estimativas negativas de $\hat{g}_i$, com seus respectivos valores, ocorreram para F93-4-2 (-0,1864), BAG-19 (-0,1739), BAG-64 (-0,1280) e F91-2-5 (-0,0780).

Verificou-se ocorrência de efeitos gênicos aditivos dos genitores do grupo de milheto apenas para %FDA, %LigS, DIVMO e %Cel (Tabela 1), assumindo as estimativas de $\hat{g}_i$, para essas características, uma maior importância na avaliação da contribuição diferencial dos doze genitores utilizados neste trabalho. Pela Tabela 3, observa-se um comportamento bastante uniforme dos diferentes genitores de milheto com relação às características %FDA, %LigS e %Cel, de modo que os genitores M-62, M-31, M-27 e M-29, nessa ordem, apresentaram as menores estimativas negativas de $\hat{g}_i$, descritas detalhadamente na Tabela 3. Para a característica DIVMS, os genitores M-62, M-31, M-60 e M-27 apresentaram as maiores estimativas positivas de $\hat{g}_i$, com seus respectivos valores iguais a 2,2689, 2,1508, 1,8826 e 0,9417.

Resumidamente, com base nos resultados acima descritos, pode-se relacionar aos genitores de capim-elefante e de milheto as características morfoagronômicas e bromatológicas nas quais são mais importantes os efeitos gênicos aditivos. Grupo de capim-elefante: 1) F92-101-2: DP, %MO,

%FDN, %FDA e DIVMO; 2) BAG-75: PMSI, PMSC, Alt, DP e %Sil; 3) F94-28-3: PMSF, RFC, %MO, %FDN, %FDA, DIVMO e %Cel; 4) F93-8-1: %FDN e %Cel; 5) F93-4-2: RFC, %MO, %FDN, %FDA, DIVMO, %Cel e %Sil; 6) BAG-19: PMSI, PMSF, PMSC, RFC, NP e %Sil; 7) F91-27-1: Alt, NP e DP; 8) BAG-27: PMSI, PMSC, Alt e DP; 9) F91-2-5: PMSF, RFC, Alt, %FDA, %Cel e %Sil; 10) F92-97-3: Alt, %FDA, %Cel e %Sil e 11)

BAG-64: PMSI, PMSF, PMSC, Alt e NP. Grupo de milho: 1) M-29: PMSF, RFC, %FDA e %Cel; 2) M-36: nenhuma; 3) M-59: Alt; 4) M-35: nenhuma; 5) M-27: %FDA, %LigS e %Cel; 6) M-60: NP e DIVMO; 7) M-31: RFC, %FDA, %LigS, DIVMO e %Cel; 8) M-41: PMSF e NP; 9) M-30: PMSF, Alt e NP; 10) M-40: Alt; 11) M-42: nenhuma e 12) M-62: PMSF, RFC, Alt, NP, %FDA, %LigS, DIVMO e %Cel.

Tabela 1. Resumo das análises de variância, com a decomposição da soma de quadrados de genótipos (cruzamentos) em somas de quadrados associadas aos grupos constituídos por 11 genótipos de capim-elefante e 12 de milho (capacidade geral) e aos efeitos da capacidade específica de combinação para oito características bromatológicas envolvendo as 132 combinações híbridas resultantes dos cruzamentos dialélicos. Coronel Pacheco, Estado de Minas Gerais, 2001/2002.

FV	GL	Quadrados Médios das Características ^{1/}							
		%MO	%PB	%FDN	%FDA	%LigS	DIVMO	%Cel	%Sil
Cruzamentos	31	2,2273 *	1,5721 ns	9,8674 **	10,4800 **	0,4647 ns	55,0493 **	4,6623 **	0,5147 ns
CGC (Grupo 1)	0	3,3840 *	2,4909 ns	15,1098 **	18,4489 **	0,8278 ns	90,5420 **	10,8005 **	1,0007 **
CGC (Grupo 2)	11	1,8233 ns	0,9048 ns	9,0922 ns	14,4295 **	0,3594 ns	72,0446 *	6,1879 **	0,5087 ns
CEC (G1 x G2)	110	2,1626 *	1,5553 ns	9,4683 **	9,3606 **	0,4422 ns	50,1231 *	3,9517 **	0,4711 ns
Resíduo	131	1,4927	1,3715	5,7236	5,5029	0,3601	35,9215	2,2272	0,3978
Cve ^{2/}		1,3336	23,4237	3,0938	4,8574	11,8130	13,2948	4,5318	19,1425

^{1/} %MO = percentagem de matéria orgânica; %PB = percentagem de proteína bruta; %FDN = percentagem de fibra em detergente neutro; %FDA = percentagem de fibra em detergente ácido; %LigS = percentagem de lignina S; DIVMO = digestibilidade *in vitro* da matéria seca, em percentagem; %Cel = percentagem de celulose e %Sil = percentagem de sílica. ^{2/} Coeficiente de variação experimental (em percentagem) obtido da análise de variância.

Tabela 2. Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação ($\hat{g}_i$) de onze genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) para oito características bromatológicas avaliadas em 132 combinações híbridas resultantes dos cruzamentos dialélicos interespecíficos. Coronel Pacheco, Estado de Minas Gerais, 2001/2002.

Genitores		Características ^{1/}							
N ^a	Nome	%MO	%PB	%FDN	%FDA	%LigS	DIVMO	%Cel	%Sil
1	F92-101-2	-0,2303	-0,0246	-0,3250	-0,4227	-0,2462	2,8731	0,2102	0,1095
2	BAG-75	0,0655	-0,1955	0,8542	0,9398	0,2788	-1,9394	0,3769	-0,2655
3	F94-28-3	-0,8845	0,5254	-1,6292	-1,5894	-0,3254	2,8731	-1,2314	0,4720
4	F93-8-1	0,1614	0,3504	-0,3750	-0,1061	-0,0795	-0,3061	-0,3273	0,0095
5	F93-4-2	-0,4303	0,3087	-0,6958	-0,8144	-0,1670	2,9606	-0,3939	-0,1864
6	BAG-19	0,1864	0,1170	1,0375	1,0814	0,1788	-1,8686	1,0977	-0,1739
7	F91-27-1	0,1989	-0,2621	-0,0875	0,4564	0,0080	-0,5936	0,1894	0,1220
8	BAG-27	0,3614	0,2295	1,0292	1,1481	0,1205	-1,2352	0,7852	0,0261
9	F91-2-5	0,3489	-0,3121	-0,0375	-0,4311	0,1080	-1,3186	-0,4356	-0,0780
10	F92-97-3	0,1739	-0,3455	0,0417	0,3731	0,0788	-1,1936	0,3394	0,0928
11	BAG-64	0,0489	-0,3913	0,1875	-0,6352	0,0455	-0,2519	-0,6106	-0,1280
Erro padrão (G _i)		0,2378	0,2279	0,4656	0,4566	0,1168	1,1665	0,2905	0,1227

^{1/} %MO = percentagem de matéria orgânica; %PB = percentagem de proteína bruta; %FDN = percentagem de fibra em detergente neutro; %FDA = percentagem de fibra em detergente ácido; %LigS = percentagem de lignina em ácido sulfúrico; DIVMO = digestibilidade *in vitro* da matéria seca, em percentagem; %Cel = percentagem de celulose e %Sil = percentagem de sílica.

Tabela 3. Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação ($\hat{g}_i$) de doze genótipos de milho (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) para oito características bromatológicas avaliadas em 132 combinações híbridas resultantes dos cruzamentos dialélicos interespecíficos. Coronel Pacheco, Estado de Minas Gerais, 2001/2002.

Genitores		Características ^{1/}							
N ^a	Nome	%MO	%PB	%FDN	%FDA	%LigS	DIVMO	%Cel	%Sil
1	M-29	-0,3045	0,3231	-0,2973	-0,4981	-0,0705	0,7098	-0,3178	-0,0765
2	M-36	0,1545	0,0322	0,9708	0,7428	0,0432	-1,7629	0,7322	0,0598
3	M-59	0,0136	0,0731	0,0299	-0,2936	-0,0614	0,8508	-0,0633	0,0144
4	M-35	0,3455	0,0277	-0,6837	-0,1345	0,0159	0,1417	-0,2133	0,0780
5	M-27	-0,3864	0,1413	-0,3973	-0,6254	-0,1386	0,9417	-0,6178	0,2689
6	M-60	-0,5727	0,0277	-0,0655	0,3701	-0,0386	1,8826	0,1322	0,0508
7	M-31	0,1318	0,1913	-0,8064	-1,2027	-0,1750	2,1508	-0,6405	-0,1856
8	M-41	0,0727	-0,2405	0,9436	1,2246	0,1886	-2,8129	0,8413	-0,0129
9	M-30	0,2091	-0,0269	0,6527	0,5292	0,1432	-1,3311	0,2367	-0,2538
10	M-40	0,3545	-0,4133	0,0572	1,0473	0,1932	-2,7765	0,5367	0,2235
11	M-42	0,0455	-0,2178	0,4436	0,0473	0,0477	-0,2629	0,1049	-0,0629
12	M-62	-0,0636	0,0822	-0,8473	-1,2072	-0,1477	2,2689	-0,7314	-0,1038
Erro padrão (G _i)		0,2494	0,2390	0,4883	0,4788	0,1225	1,2234	0,3046	0,1287

^{1/} %MO = Percentagem de matéria orgânica; %PB = percentagem de proteína bruta; %FDN = percentagem de fibra em detergente neutro; %FDA = percentagem de fibra em detergente ácido; %LigS = percentagem de lignina em ácido sulfúrico; DIVMO = digestibilidade *in vitro* da matéria seca, em percentagem; %Cel = percentagem de celulose e %Sil = percentagem de sílica.

Para as características %PB e %LigS, não houve significância ($P>0,05$) para CEC (Tabela 1), indicando a ausência de efeitos gênicos de dominância no controle dessas características e a impossibilidade de utilização dos genitores de cada um dos grupos em programas de melhoramento interespecíficos visando ao aumento ou à redução, respectivamente, do teor das referidas características. Desse modo, considerando que as características DIVMO, %FDN e %FDA, nessa ordem, são de maior importância para a avaliação do valor nutritivo das plantas forrageiras (Silva, 1990), de um modo geral, comparando-se com as demais características bromatológicas empregadas neste trabalho (%MO, %LigS, %Cel e %Sil), buscaram-se as melhores combinações híbridas, selecionando-se, simultaneamente, para elevados valores de DIVMO e reduzidos valores de %FDN e de %FDA.

As combinações híbridas que apresentaram as maiores estimativas positivas de CEC ($\hat{s}_{ij}$) para a característica DIVMO foram 4x3 (13,0243), 4x4 (12,4334), 3x5 (11,8042), 9x2 (9,8004), 10x5 (9,7209), 5x9 (9,2394), 1x7 (7,5951), 7x12 (7,3936), 7x8 (6,7754), 5x4 (6,3167), 10x2 (6,1754), 5x3 (5,6076), 1x10 (5,4724), 11x11 (5,1837), 2x6 (5,0258), 5x6 (4,9758), 8x8 (4,8171) e 6x9 (4,6186). No entanto as combinações selecionadas em função da participação de pelo menos um genitor com alto valor de $\hat{g}_i$ foram as seguintes: 3x5, 10x5, 5x9, 1x7, 7x12, 5x4, 6x7, 5x3, 1x10 e 5x6.

Classificados dentre as maiores estimativas positivas de CEC ($\hat{s}_{ij}$) para a característica DIVMO, os híbridos 9x2, 7x8, 10x2, 11x11 e 8x8 não eram esperados, já que esses genitores retratam valores de $\hat{g}_i$ negativos (Tabelas 2 e 3). Isso indica que esses híbridos são melhores do que seria esperado com base na CGC de seus genitores. Por outro lado, como no caso da combinação 5x7, que apresentou o maior valor negativo de $\hat{s}_{ij}$ (-11,1924), observou-se que ambos os genitores apresentaram elevados valores positivos de $\hat{g}_i$, respectivamente iguais a 2,9606 e 2,1508. Igual comportamento foi também verificado para as seguintes combinações (com respectivos valores negativos de $\hat{s}_{ij}$): 1x12 (-5,0731), 3x12 (-4,6231), 5x5 (-2,7833), 3x6 (-1,9867), 1x6 (-1,8867) e 1x5 (-1,6458).

Os híbridos que apresentaram as maiores estimativas negativas de CEC ($\hat{s}_{ij}$), com respectivos valores, para a característica %FDN foram 3x5 (-8,5526), 4x3 (-5,3341), 4x4 (-4,4705), 10x9 (-3,9734), 2x10 (-3,7405), 7x12 (-3,3943), 9x2 (-3,3625), 8x8 (-2,9018), 11x2 (-2,8375), 5x6 (-

2,7677), 10x2 (-2,4916), 10x5 (-2,3734), 5x11 (-2,2268), 8x10 (-2,1655), 9x1 (-2,0943), 3x7 (-2,0935), 2x7 (-2,0268), 2x6 (-2,0177) e 6x12 (-1,9693). No entanto, considerando-se que não houve significância ($P>0,05$) da CGC para os genitores do grupo de milheto (Tabela 1) e que as maiores estimativas negativas de CGC ($\hat{g}_i$) no grupo 1 (capim-elefante) ocorreram para os genitores F94-28-3 (-1,6292), F93-4-2 (-0,6958), F93-8-1 (-0,3750) e F92-101-2 (-0,3250) (Tabela 2), pode-se concluir que as melhores combinações híbridas e respectivas estimativas de $\hat{s}_{ij}$ são 3x5 (-8,5526), 4x3 (-5,3341), 4x4 (-4,4705), 5x6 (-2,7677), 5x11 (-2,2268) e 3x7 (-2,0935).

As estimativas da CEC para %FDA indicam que as combinações híbridas com menores valores negativos de $\hat{s}_{ij}$ foram 3x5 (-7,0288), 4x4 (-6,1530), 4x3 (-5,8439), 8x8 (-3,5663), 5x9 (-3,5583), 10x2 (-3,2095), 9x2 (-3,2053), 11x11 (-3,0056), 10x5 (-2,6413), 8x10 (-2,6390), 5x11 (-2,5765), 1x7 (-2,5181), 7x12 (-2,4928), 7x8 (-2,4246), 1x10 (-2,4181), 3x9 (-2,3833), 2x10 (-2,2807), 6x6 (-2,2450), 11x10 (-2,1056) e 11x2 (-2,0511). Dentre essas, as combinações 4x4, 4x3, 8x8, 10x2, 8x10, 7x8, 2x10 e 6x6 não se enquadraram às exigências propostas por Cruz e Regazzi (2001), ou seja, nenhum dos genitores apresentava efeito favorável da capacidade geral de combinação (valores negativos para $\hat{g}_i$). Desse modo, as melhores combinações híbridas são 3x5, 5x9, 9x2, 11x11, 10x5, 5x11, 1x7, 7x12, 1x10, 3x9, 11x10 e 11x2. O híbrido 3x5 foi selecionado também para as características RFC e %FDN, o que corrobora o potencial dessa combinação híbrida em fornecer uma forrageira de maior valor de digestibilidade e aproveitamento pelo animal. Como desvantagem dessa combinação, estão os reduzidos valores médios obtidos para PMSI e para PMSF (D e C, respectivamente).

Analisando-se as combinações híbridas selecionadas para as características PMSI, PMSF e DIVMO, observa-se que os híbridos ou possuem alta CEC para PMSI e para PMSF ou alta CEC para DIVMO, não se registrando uma única combinação que reunisse, simultaneamente, alta CEC para PMSI e para DIVMO, ou, então, alta CEC para PMSF e para DIVMO.

Para o regime de capineiras, em que se utiliza a planta integral, picada e fornecida no cocho, as características PMSI e DIVMO exercem papel fundamental, pois interessa selecionar os melhores híbridos, basicamente, em função de sua capacidade de produção de matéria seca aliada à alta digestibilidade dessa forragem. Dentre as

combinações que apresentaram maior produção de matéria seca integral (médias classificadas como A, pelo teste de Skott Knott ao nível de 5% de probabilidade), procurou-se selecionar as combinações híbridas com maiores valores de $\hat{s}_{ij}$ para PMSI e elevados valores positivos de $\hat{s}_{ij}$ para DIVMO. Dessa forma, destacaram-se 6x6, cujos valores de $\hat{s}_{ij}$ para PMSI e para DIVMO foram 2,6429 e 3,6050, respectivamente, seguidos de 2x4 (2,5952 e 3,2667), 7x7 (2,5092 e 2,8618), 2x6 (2,4092 e 5,0258) e 8x9 (2,1186 e 4,3353).

Atribuindo-se maior importância à produção de matéria seca de folhas, aliada à característica DIVMO, mais relevantes para o sistema de pastejo direto, e selecionando-se o grupo A para PMSF, observa-se que as combinações híbridas de maiores valores positivos de $\hat{s}_{ij}$ para PMSF e elevados valores positivos de $\hat{s}_{ij}$ para DIVMO foram 8x9 ($\hat{s}_{ij}$ para PMSF igual a 1,4700 e $\hat{s}_{ij}$ para DIVMO igual a 4,3353), 6x6 (1,4593 e 3,6050), 2x4 (1,2228 e 3,2667) e 11x12 (0,8467 e 3,5519). As combinações 6x6, 2x4 e 8x9 destacaram-se, podendo ser recomendadas tanto para formação de capineiras quanto para pastagens.

Conclusão

Considerando-se os resultados obtidos neste trabalho, pode-se concluir o que segue:

- para a característica percentagem de proteína bruta (%PB), não foi detectada variabilidade genética dentre os genitores constituintes dos cruzamentos dialélicos;
- os cruzamentos F94-28-3 x ICMV 87901, F92-97-3 x ICMV 87901, F93-4-2 x Wrajpop 88, F92-101-2 x ICMV 221, F92-101-2 x Senpop e F93-4-2 x NPM 1 destacaram-se com relação às características relacionadas com a digestibilidade da forragem, aliadas a reduzidos teores de fibra, principalmente a mais insolúvel (%FDA);
- para o regime de capineiras, destacaram-se BAG-19 x NPM 1, seguidas de BAG-75 x ICMP 89410, F91-27-1 x ICM 221, BAG-75 x NPM 1 e BAG-27 x Wrajpop 88;
- as combinações híbridas mais relevantes para o sistema de pastejo direto foram BAG-27 x Wrajpop 88, BAG-19 x NPM 1, BAG-75 x ICMP 89410 e BAG-64 x FS 1. Poderão ser recomendadas, tanto para formação de capineiras quanto para pastagens, as combinações BAG-19 x NPM 1, BAG-75 x ICMP 89410 e BAG-27 x Wrajpop 88.

Referências

- ANDREWS, D.J.; KUMAR, K.A. Pearl millet for food, feed, and forage. *Adv. Agron.*, San Diego, v. 48, p. 89-139, 1992.
- ARAÚJO, A.A. de. *Melhoramento das pastagens*. 5. ed. Sulina, 1978.
- BARRETO, G.P. et al. Avaliação de clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) e de um híbrido com o milheto (*Pennisetum glaucum* L.) submetidos a estresse hídrico. 2. Valor nutritivo. *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 7-11, 2001.
- BODDORFF, D.; OCUMPAUGH, W.R. Forage quality of pearl millet x napiergrass hybrids and dwarf napiergrass. *Proceedings. Soil Crop Science Society of Florida*. v. 45, p. 170-173, 1986.
- BRUNKEN, J.N. A systematic study of *Pennisetum* Sect. *Pennisetum* (Gramineae). *Amer. J. Bot.*, v. 64, n. 2, p. 161-76, 1977.
- CÓSER, A.C.; MARASCHIN, G.E. Produção e qualidade forrageira de milheto comum e sorgo cv. sordan NK sob pastejo. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 16, n. 3, p. 397-403, 1981.
- CRUZ, C.D. *Programa GENES – versão windows*. Viçosa: Editora UFV, 2001.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Viçosa: UFV Impr. Univ., 2001.
- DAHER, R.F. et al. Diversidade morfológica e isozimática em capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 255-64, 1997.
- DIZ, D.A. *Breeding procedures and seed production management in pearl millet x elephant grass hexaploids hybrids*. 1994. Tese (Doutorado)-University of Florida, Gainesville, 1994.
- DUJARDIN, M.; HANNA, W.W. Cytology and reproductive behavior of pearl millet-napiergrass hexaploids x *Pennisetum squamulatum* trispecific hybrids. *J. Hered.*, Oxford, v. 76, n. 5, 382-384, 1985.
- GONZALES, B.; HANNA, W.W. Morphological and fertility responses in isogenic triploid and hexaploid pearl millet x napiergrass hybrids. *J. Hered.*, Oxford, v. 72, p. 382-384, 1985.
- GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Aust. J. Biol. Sci.*, Melbourne, v. 9, p. 463-493, 1956.
- HANNA, W.W.; DUJARDIN, M. Cytogenetics of *Pennisetum schweinfurthii* Pilzer and its hybrids with pearl millet. *Crop Sci.*, Madison, v. 26, n. 3, p. 499-553, 1986.
- HANNA, W.W.; MONSON, W. Yield, quality and breeding behavior of pearl millet x napiergrass interspecific hybrids. *Agron. J.*, Madison, v. 72, p. 358-360, 1980.
- HANNA, W.W. et al. Effect of ploidy on yield and quality of pearl millet x napier grass hybrids. *Agron. J.*, Madison, v. 76, n. 6, p. 969-971, 1984.
- HARLAN, J.R.; DE WET, J.M.J. Toward a rational classification of cultivated plants. *Taxon*, Berlin, v. 20, p. 509-517, 1971.
- JAUHAR, P.P. *Cytogenetics and breeding of pearl millet and*

related species. New York: Alan R. Liss, 1981.

MANARA, N.T.F.; BLUMENSCHNEIN, A. Citogenética de variedades do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). 1973. Tese (Mestrado)–Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1973.

MERTENS, D.R. Formulating dairy rations. Using fiber and carbohydrate analyses to formulate dairy rations. In: *Informational Conference with Dairy and Forage Industries*. USDA, Madison, WI, USA, p. 81-92, 1996.

OMETTO, J.C. *Bioclimatologia vegetal*. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres Ltda., 1981.

OTERO, J.R. *Informações sobre algumas plantas forrageiras*. 2. ed. Rio de Janeiro: SIA, 1961.

PEREIRA, A.V. *et al.* Protogynous interval in elephantgrass (*Pennisetum purpureum* Schum.). In: INTERNATIONAL GRASSLANDS CONGRESS, 18., 1997. Winnipeg, *Proceedings...* Winnipeg, v. 3, p. 123-126. 1997.

PEREIRA, A.V. Melhoramento genético de plantas forrageiras. In: AGUIAR, A.M. *et al.* (Ed.). SIMPÓSIO SOBRE ATUALIZAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS, 2., 1998, Lavras. *Anais...* Lavras: Ufla/Faep, 1998. p. 135-162.

PEREIRA, A.V. *et al.* Variação da qualidade de folhas em cultivares de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) e híbridos de capim-elefante x milheto (*P. purpureum* x *P. glaucum*), em função da idade da planta. *Cienc. Agrotecnol.*, Lavras, v. 24, n. 2, p. 490-499, 2000.

RAJASEKARAN, K. *et al.* Characterization of biomass production, cytology and phenotypes of plants regenerated from embryogenic callus cultures of *Pennisetum americanum* x *Pennisetum purpureum* (hybrid triploid napiergrass). *Theor. Appl. Genet.*, Berlin, v. 73, p. 4-10, 1986.

SCHANK, S.C.; CHYNOWETH, D.P. The value of triploid, tetraploid and hexaploid napiergrass derivatives as biomass and (or) forage. *Trop. Agric.*, San José, v. 70, p. 83-87, 1993.

SCHANK, S.C. *et al.* Genetic improvement of napiergrass and hybrids with pearl millet. *Biomass Bioenergy*, Kindlington, v. 5, p. 35-40, 1993.

SILVA, D.J. *Análise de alimentos. Métodos químicos e biológicos*, 2. ed. Viçosa: UFV, Impr. Univ., 1990.

SOUZA, R.M. de. *Avaliação de híbridos de capim-elefante (Pennisetum purpureum Schum.) com Pearl millet (Pennisetum typhoides (Burm.) Stapf e Hubbard) e seus progenitores*. 1971. Tese (Mestrado)–Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1971.

XAVIER, D.F. *et al.* *Caracterização Morfológica e Agrônômica de Algumas Cultivares de Capim-Elefante*. Embrapa-CNPGL. Documentos, n. 60, 1995.

Received on August 12, 2005.

Accepted on June 08, 2006.