

Análise de cruzamentos dialélicos entre capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) e milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.). 1. Características morfoagronômicas

Antônio Vander Pereira¹, Rogério Figueiredo Daher^{2*}, Messias Gonzaga Pereira³, Francisco José da Silva Lêdo¹, 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: rogdaher@uenf.br

RESUMO. Objetivou-se estimar a capacidade geral de combinação (CGC) e a capacidade específica de combinação (CEC) de dez características morfoagronômicas, por meio de cruzamentos dialélicos entre onze genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) e doze de milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) utilizando o método 4 do modelo proposto por Griffing (1956). Os 132 híbridos interespecíficos foram avaliados no delineamento 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. Observou-se variabilidade genética nitidamente superior entre os genitores de capim-elefante. Desse modo, convém frisar que a estratégia de melhoramento intra-específico, principalmente em capim-elefante, poderá proporcionar maiores ganhos para a maioria das características do que a praticada de forma interespecífica. As melhores combinações híbridas para produção de forragem, tanto da planta integral, quanto da fração foliar, foram BAG-64 x Wrajpop 88, BAG-64 x HiGrop, BAG-19 x BN 2 e BAG-19 x NPM 1.

Palavras-chave: hibridação interespecífica, capacidade de combinação, produção de matéria seca, relação folha caule, 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.). 1. **Morphoagronomic characteristics.** This work aimed to estimate general combining ability (GCA) and specific combining ability (SCA) in ten morphoagronomic characteristics through diallel crossing among eleven elephantgrass (*Pennisetum purpureum* Schum.) and twelve pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) genotypes using the method 4, Griffing (1956) model. The 132 interespecific hybrids 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. The genetic variability was superior in elephantgrass genitors, so that intraspecific breeding, mainly in elephantgrass, can result in greater gains to almost all characteristics than to intraspecific mode. The best hybrid combinations to forage production, both in integral plant and in leaf fraction, were BAG-64 x Wrajpop 88, BAG-64 x HiGrop, BAG-19 x BN 2, and BAG-19 x NPM 1.

Key words: interespecific hybridization, combining ability, dry matter production, leaf steam relation, additive genic effect and dominance genic effect.

Introdução

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), descoberto no início do século XX pelo

Coronel Napier (Bennet, 1976) e introduzido no Brasil por volta de 1920, por meio de mudas provenientes de Cuba, é atualmente uma das

forageiras mais difundidas em todo o país. (Otero, 1961).

O cultivo desta espécie dá-se, principalmente, por meio de propagação vegetativa, realizada por pedaços de colmo (Otero, 1961). A utilização de sementes provenientes da própria capineira não é recomendada, pois provoca o surgimento de plantas com os efeitos indesejáveis da endogamia, acarretando redução no vigor e perda de produtividade. Existe atualmente no mercado apenas a cultivar Paraíso (Matsuda, 2003), um híbrido hexaplóide entre capim-elefante e milho, apropriada para este fim.

O melhoramento do capim-elefante, com base no aproveitamento do vigor híbrido (heterose), constitui-se em um processo simplificado, dado a possibilidade de se fixar um determinado genótipo e multiplicá-lo por propagação vegetativa.

A escolha dos genitores constitui-se um dos principais pontos ao iniciar o programa de melhoramento por hibridação interespecífica. Tradicionalmente, a escolha dos genitores se baseia na análise do comportamento isolado ("per se") e também em cruzamentos dialélicos. Nos cruzamentos dialélicos, podem-se estimar a capacidade geral e específica de combinação (Griffing, 1956) ou os componentes da heterose (Gardner e Eberhart, 1966).

O estudo da capacidade combinatória de grande número de acessos, por meio de cruzamentos dialélicos, torna-se impraticável em função do número de polinizações necessárias e dificuldades das operações de campo (Russel e Eberhart, 1975). Por outro lado, ao se avaliar pequeno número de acessos e combinações híbridas, além de reduzir a probabilidade de se encontrar as melhores combinações, os estimadores da CGC (capacidade geral de combinação) ficam sujeitos a grande variação residual, e o seu reduzido número de graus de liberdade pode dificultar os testes estatísticos (Cruz e Regazzi, 2001).

Com a finalidade de se analisar maior número de acessos, com menor número de polinizações e menor dispêndio de recursos, propõe-se a aplicação dos dialelos parciais, dentre outras variações do modelo de cruzamentos. O dialelo parcial, também denominado por delineamento II ou delineamento em fatorial, foi inicialmente proposto por Comstock e Robinson (1948, 1952), tendo sido posteriormente adaptado por Griffing (1956), Kempthorne e Curnow (1961) e Gardner e Eberhart (1966). Consiste no cruzamento entre dois grupos de genitores distintos.

Conforme Griffing (1956), a análise dialélica

pode ser realizada por meio de quatro métodos, que se diferenciam de acordo com os genótipos analisados. No método 4, utilizado neste trabalho, são avaliadas apenas as $p(p-1)/2$ combinações, que correspondem aos híbridos. Dependendo da natureza da amostragem dos genitores, os genótipos podem ser analisados por um modelo fixo ou aleatório.

Em cruzamentos, a capacidade específica de combinação (CEC) é utilizada como um indicador da variabilidade presente entre cruzamentos, desde que esta capacidade de combinação seja resultado da divergência genética entre os genitores e da ocorrência de dominância (Falconer, 1987). A capacidade geral de combinação (CGC) refere-se ao comportamento médio de um genitor em uma série de cruzamentos (Vencovsky, 1970).

O presente estudo teve como principais objetivos estimar as capacidades geral e específica de combinação de cultivares de capim-elefante e milho empregados no esquema de dialelo parcial com base em características morfoagronômicas, empregando a metodologia de Griffing (1956) e indicar híbridos interespecíficos com elevada capacidade de produção de forragem para uso sob pastejo e/ou corte.

Material e métodos

O experimento foi conduzido 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 invernos secos. A região é de formação cristalina, de origem pré-cambriana, apresentando relevo predominantemente montanhoso.

Foram utilizados 11 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) e 12 genitores de milho (*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). Os genitores de capim-elefante foram escolhidos com base na divergência de suas características genéticas e morfoagronômicas, descritas em literatura (Xavier et al., 1995; Daher et al., 1997) e sua importância forrageira. Os

genitores de milheto foram selecionados entre 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, alcançando-se, assim, sincronia para se efetuarem as polinizações. Por ocasião dos cruzamentos, os grãos de pólen dos genótipos de capim-elefante (genitor masculino) foram coletados em sacos de papel e então levados aos genótipos de milheto (genitor feminino), no momento em que suas inflorescências (devidamente protegidas com saco de papel) apresentavam os estigmas receptivos.

Os cruzamentos interespecíficos foram efetuados em dois anos consecutivos, entre março e junho dos anos de 1999 e 2000. Neste período, ocorre o florescimento natural do capim-elefante (Xavier *et al.*, 1995), de modo que foram coletados os grãos de pólen das cultivares de capim-elefante (genitores masculinos) selecionadas para os cruzamentos com base na divergência morfológica. O plantio das sementes dos genitores de milheto foi realizado de forma escalonada, ou seja, dividido nos períodos compreendidos entre dezembro de 1998 e março de 1999 e entre novembro de 1999 e fevereiro de 2000. Procedeu-se ao manejo da cultura de acordo com as recomendações de Nascimento Junior (1975). Deste modo, todas as 132 combinações (11 genitores de capim-elefante x 12 genitores de milheto) foram obtidas, permitindo-se a elaboração de esquema de dialelo parcial, segundo Cruz e Regazzi (2001).

A semeadura dos híbridos interespecíficos foi realizada 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 solo 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 blocos ao acaso com 132 tratamentos (híbridos interespecíficos) e três repetições, 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. As linhas foram espaçadas de 1,5 m entre si, resultando em área total da parcela de 6 m². As pesagens, medições e amostragens foram realizadas em dois metros lineares distribuídos aleatoriamente no interior da parcela, evitando-se as falhas, resultando em 3 m² de área útil. Como bordaduras foram plantadas duas linhas com a cultivar Cameroon em torno de todo o experimento.

Realizaram-se 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.

Avaliaram-se os seguintes caracteres: produção de matéria seca da planta integral (PMSI), da folha (PMSF) e do caule (PMSC); porcentagem de matéria seca da planta integral (%MSI), da folha (%MSF) e do caule (%MSC); relação folha:caule (RFC); altura média das plantas (Alt); número de perfilhos por metro linear (NP) e diâmetro médio do caule na base da planta (DP).

Realizou-se, inicialmente, uma análise de variância com base na média das parcelas para cada uma das características avaliadas em cada um dos cortes realizados, considerando-se como fixos todos os efeitos, exceto bloco e erro experimental (modelo fixo).

As análises de CGC, tanto do capim-elefante quanto do milheto e da CEC envolvendo os 132 híbridos interespecíficos foram realizadas de acordo com o Método 4 do Modelo de Griffing (1956), adaptado a dialelos parciais. Considerando-se que todas as conclusões foram 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

Os resultados das análises de variância simples para as características morfoagronômicas avaliadas no 1º, 2º e 3º cortes, envolvendo os 132 híbridos interespecíficos entre capim-elefante e milheto, evidenciaram a ocorrência de diferenças significativas, pelo teste F ($p < 0,01$), para todas as características, excetuando porcentagem de matéria

seca da folha (%MSF), que se apresentou não significativa ($p > 0,05$) no primeiro corte e significativa ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$) no terceiro corte, indicando uma possível existência de variabilidade genética entre os genitores de capim-elefante e de milheto utilizados.

Verificou-se grande concordância dos valores de produção de matéria seca da planta integral (PMSI) de três cortes obtidos das 132 combinações híbridas resultantes dos cruzamentos dialélicos entre onze genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) e doze genótipos de milheto (*P. glaucum* L.) com os valores obtidos por Daher et al. (2003) nos três primeiros cortes na avaliação de dezessete clones de capim-elefante avaliados em Campos dos Goytacazes, Estado do Rio de Janeiro, indicando a alta capacidade de produção forrageira dos híbridos interespecíficos avaliados neste trabalho. No entanto, Souza (1971), na avaliação de oito híbridos de capim-elefante com milheto em dois cortes com aproximadamente 80 e 110 dias de crescimento cada um, na época das águas, obteve, praticamente, o dobro de produção de matéria seca.

Os coeficientes de variação experimental das características morfoagronômicas apresentaram, de um modo geral, menores valores para as medições realizadas no primeiro corte. Observou-se também uma ordem crescente de valores, de modo que altura média das plantas (Alt) apresentou o menor valor médio (13,0%), seguido das características ligadas à porcentagem de matéria seca (em média, igual a 20,4%). As características diâmetro médio do caule na base da planta (DP), relação folha: caule (RFC) e número de perfilhos por metro linear (NP) apresentaram mesmo valor médio de coeficiente de variação experimental (igual a 32,1%). As características morfoagronômicas relacionadas com produção de matéria seca apresentaram os mais altos valores de coeficiente de variação experimental (em média de 46,3%), com variações desde 37,5% para produção de matéria seca da planta integral (PMSI) no 1º corte até 54,1% para produção de matéria seca do caule (PMSC) no 2º corte, indicando baixa precisão experimental.

Os valores de quadrados médios de resíduo (QMR) obtidos das análises de variância individuais por corte das características morfoagronômicas resultaram numa relação entre o maior e o menor valor de QMR variando de 1,28 (para DP) até 3,98 (para %MST), o que indica o reduzido grau de heterogeneidade das variâncias nos cortes (ambientes) avaliados individualmente, possibilitando a inclusão de todos os ambientes na análise de variância conjunta.

Evidenciaram-se diferenças significativas, pelo teste F, entre os genótipos (híbridos interespecíficos) para todas as características avaliadas, indicando variabilidade genética entre os genitores de capim-elefante e de milheto. Os resultados obtidos na análise de variância conjunta corroboraram o observado nas análises de variância individuais (por corte).

Para as características %MST, %MSC e RFC, verificou-se a existência de interação de genótipos e ambientes ($p < 0,01$), enquanto que, para as demais características avaliadas evidenciou-se não haver significância ($p > 0,05$) para este tipo de interação. Estes resultados indicaram uma maior robustez das estimativas das médias dos valores obtidos nos três ambientes para as características PMSI, PMSF, PMSC, %MSF, Alt, NP e DP nas análises dialélicas.

Em relação às estimativas de coeficientes de variação experimental encontrados pela análise de variância conjunta, descritas na Tabela 1, observou-se grande semelhança com os valores obtidos pelas análises de variância individuais, ratificando que as características morfoagronômicas relacionadas com produção de matéria seca (PMSC, PMSF e PMSI), apresentaram os mais altos valores de coeficiente de variação experimental, respectivamente iguais a 48,8378; 46,2558 e 44,7243%, seguidas de RFC e NP com 34,0216 e 33,7886%, respectivamente. As características ligadas ao conteúdo de matéria seca (%MSC, %MSI e %MSF), juntamente com diâmetro médio do caule na base da planta (DP) apresentaram estimativas de coeficiente de variação experimental intermediárias, variando de 25,3066% (%MSC) a 20,6642% (%MSF). A característica altura média das plantas (Alt) apresentou a menor estimativa deste coeficiente ($CVE = 12,6873\%$), indicando reduzida influência ambiental na manifestação da variabilidade fenotípica, como resultado da herança possivelmente mono ou oligogênia (Hanna, 1999).

Considerando-se as características relacionadas com a produção de matéria seca (PMSI, PMSF e PMSC), constata-se que 12 híbridos destacaram-se simultaneamente como os de maior valor médio, pelo teste de comparação de médias de Skott Knott ao nível de 5% de probabilidade, quais sejam: 129, 128, 53, 101, 63, 108, 93, 36, 115, 16, 26 e 56. Ainda os híbridos 66 e 106 posicionaram-se no grupo A para PMSI e PMSF e os híbridos 132, 35 e 109 também foram incluídos dentre os de maior produção de matéria seca foliar. Quanto aos teores de matéria seca na planta integral (%MSI) e nas frações folha (%MSF) e caule (%MSC), foram observados valores médios aproximados de 20,2%;

26,3% e 18,3%, respectivamente. Barreto *et al.* (2001b) obtiveram 13,97% de matéria seca da planta integral para o híbrido HV-241 e 15,61% como média dos tratamentos, valor inferior à média de 20,2% encontrada neste trabalho.

Para a característica relação folha:caule, reconhecidamente de grande importância para a avaliação de plantas forrageiras, observou-se a formação de 4 grupos, sendo o grupo A formado pelos híbridos 29 (RFC \cong 1,40) e 25 (RFC \cong 1,36) e o grupo B pelos híbridos 72, 60, 126, 11, 10, 46 e 31, com os valores de 1,22; 1,21; 1,16; 1,09; 1,07; 1,06 e 1,05 respectivamente. Em média, esta variável apresentou o valor de 0,7707 e menor valor médio encontrado foi de 0,47 para o híbrido 79. Santos *et al.* (1994), em trabalho de avaliação do comportamento de clones de capim-elefante e de híbridos de capim-elefante x milheto no semi-árido do Nordeste do Brasil, encontraram valor médio de 0,79 para relação folha caule, bastante similar à média encontrada neste trabalho.

Em relação à característica altura média das plantas, observou-se que a média encontrada de 2,25 m foi elevada e superior em relação a outros trabalhos (Santos *et al.*, 1994; Barreto *et al.*, 2001a), caracterizando que o período de crescimento das plantas foi relativamente extenso, o que pode ser observado pelo grupo A, constituído de 26 híbridos, no qual o limite superior foi de 2,77 m para o híbrido 129 e o limite inferior de 2,40 m para o híbrido 69. Por outro lado, Souza (1971) relatou altura média de plantas híbridas igual a 2,39 m, com variações entre 1,87 m para o híbrido Napier x 23-A no primeiro corte e 2,86 m no segundo corte para Mercker x 23-A, ou seja, alturas bastante semelhantes às obtidas neste trabalho.

Para número de perfilhos por metro linear (NP) e diâmetro médio do caule na base da planta (DP) verificaram-se valores médios de 26,4 plantas por metro linear e 1,08 cm de diâmetro de caule. Foram observados três e dois grupos para NP e DP, respectivamente, e os limites das características variaram de 45,67 (híbrido 78) a 11,51 perfilhos por metro linear (híbrido 40) e 1,59 (39) a 0,76 cm (116), ilustrando uma considerável amplitude de variação para estas variáveis.

Observou-se que os quadrados médios da CGC dos genitores do Grupo 1 (capim-elefante) para todas as características foram significativos, pelo teste F ($p < 0,01$), enquanto que os quadrados médios da CGC dos genitores do Grupo 2 (milheto) foram significativos a 1% de probabilidade apenas para as características %MSI, %MSC, RFC e NP; as características PMSF, %MSF e Alt foram significativas ao nível de 5% de probabilidade e as características PMSI, PMSC e DP não se apresentaram significativas

($p > 0,05$) (Tabela 1). Isso indica a existência de diferenças entre os efeitos de CGC para os genitores de ambos os grupos, caracterizando a importância do envolvimento de efeitos gênicos aditivos no controle das características PMSF, %MSI, %MSF, %MSC, RFC, Alt e NP. Contudo, a significância de CEC para as características PMSI, PMSC e DP indica a importância dos efeitos gênicos não aditivos associando os dois grupos de genitores (Tabela 1).

Ainda com relação ao efeito da capacidade específica de combinação, verificou-se que os quadrados médios foram significativos, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F, para todas as características avaliadas, com exceção de %MSF, que se apresentou não significativa ($p > 0,05$). Desta forma, constatou-se que, para a grande maioria das características morfoagronômicas, ocorreu também efeito gênico não aditivo (ou de dominância), excetuando-se %MSF, em que apenas os efeitos gênicos aditivos estão aí envolvidos (Tabela 1).

Excetuando-se as características relacionadas com a porcentagem de matéria seca na forragem (%MSI, %MSF e %MSC) e NP, observa-se nítida superioridade das magnitudes das estimativas de CGC dos genitores de capim-elefante, tanto em relação às estimativas de CGC dos genitores de milheto quanto em relação às estimativas de CEC, indicando a presença de maior variabilidade genética nos genitores de capim-elefante. O predomínio dos efeitos gênicos aditivos sobre os não aditivos para estas características indica que a estratégia de melhoramento intra-específico poderá proporcionar maiores ganhos para estas características do que a praticada de forma interespecífica, principalmente considerando-se os genitores de capim-elefante.

As estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (\hat{g}_i) de 11 genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) e de 12 genótipos de milheto (*P. glaucum* (L.) R. Br.) para dez características morfoagronômicas avaliadas em 132 combinações híbridas resultantes dos cruzamentos dialéticos interespecíficos encontram-se nos Tabelas 2 e 3, respectivamente.

Em programas de melhoramento de capim-elefante, freqüentemente se buscam materiais com maiores valores das características produção de matéria seca da planta integral (PMSI), produção de matéria seca da folha (PMSF), relação folha: caule (RFC), porcentagem de proteína bruta (%PB), número de perfilhos por metro linear (NP) e digestibilidade da matéria seca (DIVMO). As estimativas obtidas de \hat{g}_i para as características relacionadas com a produção de matéria seca (PMSI, PMSF e PMSC) (Tabela 2) apresentaram magnitudes elevadas, e, em função da influência predominante dos genitores do grupo de

capim-elefante na ocorrência de efeitos gênicos aditivos relacionados a estas características, pode-se constatar que os genitores denominados por BAG (acessos BAG-75, BAG-19, BAG-27 e BAG-64) são promissores para a obtenção de cultivares oriundos de programas de melhoramento intra-específicos, visando contribuir.

Quanto à característica relação folha:caule, observa-

se novamente maior influência dos genitores de capim-elefante (grupo 1) em relação aos genitores de milho (grupo 2) para o aumento da fração foliar em relação ao caule, destacando-se notadamente o genitor F94-28-3, que, coincidentemente, exerceu também a maior contribuição genética para a elevação da produção de matéria seca na folha (Tabelas 2 e 3).

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 dez características morfoagronômicas envolvendo as 132 combinações híbridas resultantes dos cruzamentos dialélicos. Coronel Pacheco, Estado de Minas Gerais, 2001/2002.

FV	GL	Quadrados Médios das Características ^{1/}									
		PMSI	PMSF	PMSC	%MSI	%MSF	%MSC	RFC	Alt	NP	DP ^{2/}
Cruzamentos	131	38,2700**	6,1860 **	16,1556**	58,2542 **	42,5930 **	85,6928**	0,2443 **	0,2986 **	326,1028**	0,1573**
CGC (Grupo 1)	10	42,2066**	9,3000 **	19,9217**	237,2296**	137,0167 **	359,1877**	0,7964 **	0,4338 **	328,2336 **	0,3560**
CGC (Grupo 2)	11	16,5648ns	4,3311 *	5,4158 ns	76,6604**	54,9751 *	121,1664**	0,1435 **	0,1730 *	367,7126 **	0,1073 ns
CEC (G1 x G2)	110	40,0836**	6,0884 **	16,8872**	40,1431**	32,7708 ns	57,2823 **	0,2042 **	0,2988 **	321,7481 **	0,1443**
Resíduo	790	10,7440	1,9491	4,4321	17,9305	29,5657	21,5322	0,0688	0,0819	79,5354	0,0617
Cve ^{3/}		44,7243	46,2558	48,8378	20,9044	20,6642	25,3066	34,0216	12,6873	33,7886	22,9527

^{1/} PMSI = Produção de matéria seca da planta integral, em kg/ha; PMSF = produção de matéria seca da folha, em kg/ha; PMSC = produção de matéria seca do caule, em kg/ha; %MSI = porcentagem de matéria seca da planta integral; %MSF = porcentagem de matéria seca da folha; %MSC = porcentagem de matéria seca do caule; RFC = relação folha:caule; Alt = altura média das plantas, em m; NP = número de perfilhos por metro linear; DP = Diâmetro médio do caule na base da planta, em cm. ^{2/} GL Cruzamentos = 131; GL CGC1 = 10; GL CGC2 = 11; GL CEC = 110; GL Resíduo = 526. ^{3/} Coeficiente de variação experimental (em porcentagem) obtido da análise de variância conjunta

Tabela 2. Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (\hat{g}_i) de 11 genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) para 10 características morfoagronômicas avaliadas em 132 combinações híbridas resultantes dos cruzamentos dialélicos interespecíficos. Coronel Pacheco, Estado de Minas Gerais, 2001/2002.

Genitores		Características ^{1/}									
N ²	Nome	PMSI	PMSF	PMSC	%MSI	%MSF	%MSC	RFC	Alt	NP	DP
1	F92-101-2	-1,1348	-0,4294	-0,7054	-0,6236	-1,2760	-0,6432	0,0014	-0,0825	0,2125	-0,0835
2	BAG-75	0,5004	0,0795	0,4208	1,5122	1,7792	1,4651	-0,0444	0,0573	0,1524	-0,0330
3	F94-28-3	0,1718	0,3399	-0,1681	-1,6996	-1,7236	-2,5380	0,1574	-0,0760	-0,5213	0,1210
4	F93-8-1	-0,9751	-0,3491	-0,6259	0,6303	-0,3439	0,3352	0,0117	-0,0173	-3,6115	0,0080
5	F93-4-2	-0,2402	-0,0014	-0,2387	-1,4460	-0,5739	-1,6218	0,0521	-0,0733	-1,2875	0,0071
6	BAG-19	0,7278	0,3244	0,4034	1,1712	1,0980	1,1087	0,0320	0,0059	1,5760	-0,0190
7	F91-27-1	-0,1941	-0,4661	0,2720	2,5963	1,4777	3,5724	-0,1751	0,0311	1,1361	-0,1172
8	BAG-27	0,4586	0,0151	0,4435	1,1044	0,6691	1,6281	-0,0928	0,0803	0,4440	-0,0457
9	F91-2-5	-0,1190	0,1436	-0,2626	-1,7001	-0,3212	-1,9132	0,0617	0,0899	-1,8754	0,0851
10	F92-97-3	0,0732	0,0479	0,0252	-1,2711	-0,7288	-1,0436	-0,0047	-0,0462	2,4949	0,0286
11	BAG-64	0,7313	0,2956	0,4357	-0,2741	-0,0567	-0,3498	0,0007	0,0309	1,2797	0,0487
Erro padrão (G _i)		0,3154	0,1281	0,1932	0,3885	0,4989	0,4257	0,0241	0,0263	0,8182	0,0279

^{1/} PMSI = Produção de matéria seca da planta integral, em kg/ha; PMSF = produção de matéria seca da folha, em kg/ha; PMSC = produção de matéria seca do caule, em kg/ha; %MSI = porcentagem de matéria seca da planta integral; %MSF = porcentagem de matéria seca da folha; %MSC = porcentagem de matéria seca do caule; RFC = relação folha:caule; Alt = altura média das plantas, em m; NP = número de perfilhos por metro linear; DP = diâmetro médio do caule na base da planta, em cm.

Tabela 3. Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (\hat{g}_i) de 12 genótipos de milho (*P. glaucum* L.) para 10 características morfoagronômicas avaliadas em 132 combinações híbridas resultantes dos cruzamentos dialélicos interespecíficos. Coronel Pacheco, Estado de Minas Gerais, 2001/2002.

Genitores		Características ^{1/}									
N ²	Nome	PMSI	PMSF	PMSC	%MSI	%MSF	%MSC	RFC	Alt	NP	DP
1	M-29	0,2767	0,2254	0,0514	-0,5016	-0,2343	-1,3158	0,0512	0,0562	-0,2475	0,0859
2	M-36	-0,3943	-0,2490	-0,1454	0,7797	0,1853	1,4766	-0,0629	0,0236	-2,0606	-0,0094
3	M-59	-0,2895	-0,1330	-0,1565	-0,8311	-0,8006	-0,6259	-0,0116	-0,0387	-1,2374	0,0352
4	M-35	-0,3579	-0,1871	-0,1708	0,0498	0,8443	1,0387	-0,0297	0,0354	-3,3864	-0,0200
5	M-27	-0,2524	-0,1830	-0,0695	0,7863	1,0249	1,0245	-0,0152	0,0023	-1,7298	-0,0128
6	M-60	0,1611	0,0474	0,1137	0,5383	0,2804	-0,0338	0,0198	-0,0113	1,8586	-0,0171
7	M-31	-0,6469	-0,1889	-0,4580	0,4775	-0,2873	0,0687	0,0221	0,0387	-1,1010	0,0065
8	M-41	0,5068	0,1351	0,3717	0,2049	-0,0156	0,8936	-0,0232	0,0160	1,8131	0,0220
9	M-30	0,6116	0,2318	0,3798	-0,2205	0,2153	-0,1242	-0,0215	-0,0194	2,6717	-0,0466
10	M-40	0,0183	-0,0426	0,0609	1,2522	0,8670	0,4707	-0,0014	-0,0166	0,6717	-0,0671
11	M-42	-0,1250	-0,0641	-0,0609	-0,5761	-0,5429	-0,4714	-0,0064	0,0140	0,5859	-0,0088
12	M-62	0,4915	0,4080	0,0835	-1,9592	-1,5365	-2,4016	0,0787	-0,1002	2,1616	0,0321
Erro padrão (G _i)		0,3154	0,1343	0,2026	0,4075	0,5232	0,4465	0,0252	0,0275	0,8582	0,0293

^{1/} PMSI = Produção de matéria seca da planta integral, em kg/ha; PMSF = produção de matéria seca da folha, em kg/ha; PMSC = produção de matéria seca do caule, em kg/ha; %MSI = porcentagem de matéria seca da planta integral; %MSF = porcentagem de matéria seca da folha; %MSC = porcentagem de matéria seca do caule; RFC = relação folha:caule; Alt = altura média das plantas, em m; NP = número de perfilhos por metro linear; DP = Diâmetro médio do caule na base da planta, em cm. geneticamente para o aumento da frequência de genes favoráveis ao acúmulo de matéria seca na forragem.

Este genitor apresentou ainda estimativas de (\hat{g}_i) positivas para PMSI (0,1718) e DP (0,1210), e negativas para as demais características.

Desconsiderando-se as características PMSI, PMSC e DP (ocorrência de efeitos gênicos não aditivos), verifica-se que os genitores M-62, seguidos de M-30 e M-29, foram os que apresentaram maiores estimativas de \hat{g}_i para a característica PMSF, respectivamente iguais a 0,4080; 0,2318 e 0,2254 (Tabela 3). Dentre estes genitores, M-62 e M-29 apresentaram ainda as maiores estimativas de \hat{g}_i para a característica RFC (0,0787 e 0,0512, respectivamente), e maiores estimativas de \hat{g}_i negativas para as características relacionadas com o teor de matéria seca (%MSI, %MSF e %MSC), indicando que estes três genótipos (genitores M-62, M-30 e M-29) podem proporcionar ganhos de produção de matéria seca foliar em relação ao caule em programas de melhoramento intra-específicos. As diferenças entre M-62 e M-29 residem nas características Alt e NP, para as quais nota-se que M-62 contribui positivamente para NP (2,1616) e negativamente para Alt (-0,1002), enquanto que M-29 contribui de forma inversa (Tabela 3).

Os efeitos da capacidade específica de combinação, estimados como desvio do comportamento em relação ao que seria esperado com base na capacidade geral de combinação, são medidas dos efeitos gênicos não-aditivos. Normalmente, interessam ao melhorista as combinações híbridas, com estimativas da capacidade específica de combinação mais favorável, que envolvam pelo menos um dos genitores que tenha apresentado o mais favorável efeito da capacidade geral de combinação (Cruz e Regazzi, 2001).

Considerando as características relacionadas com a produção de matéria seca (PMSI, PMSF e PMSC), constatou-se elevada coincidência entre os híbridos que apresentaram os maiores valores médios de PMSI, PMSF e PMSC com as maiores estimativas positivas de \hat{s}_{ij} .

Para as características PMSI e PMSF, as combinações híbridas que apresentaram as maiores estimativas positivas de \hat{s}_{ij} com respectivos valores foram 5x5 (5,2777 e 1,7696), 11x9 (5,0112 e 1,5581), 9x5 (4,6562 e 1,4024), 7x6 (3,6007 e 1,1038), 11x8 (3,5986 e 1,3723), 10x7 (3,3690 e 1,2208), 6x3 (3,0326 e 1,2281), 9x12 (2,8786 e 0,9808), 7x3 (2,8402 e 1,4524), 3x2 (2,8292 e 1,0992), 10x4 (2,6584 e 1,0393), 9x10 (2,6524 e 1,4541), 6x6

(2,6429 e 1,4593) e 2x4 (2,5952 e 1,2228). Considerando-se que, para PMSI, as maiores estimativas positivas de \hat{g}_i no grupo 1 (capim-elefante) ocorreram para os genitores 11 (BAG-64), 6 (BAG-19), 2 (BAG-75) e 8 (BAG-27), com os respectivos valores de 0,7313; 0,7278; 0,5004 e 0,4586, e que para o grupo 2 (milheto) não houve significância ($p>0,05$) para CGC (Tabela 3), conclui-se que as melhores combinações híbridas e respectivas estimativas de \hat{s}_{ij} são 11x9 (5,0112), 11x8 (3,5986), 6x3 (3,0326) e 6x6 (2,6429).

Quanto à característica PMSF, reconhecidamente de grande importância devido ao maior conteúdo de nutrientes na folha em relação ao caule e maior digestibilidade da fração foliar, sabendo-se que as maiores estimativas positivas de \hat{g}_i no grupo 1 (capim-elefante) ocorreram para os genitores 3 (F94-28-3), 6 (BAG-19), 11 (BAG-64) e 9 (F91-2-5) com os respectivos valores de 0,3399; 0,3244; 0,2956 e 0,1436 (Tabela 2), e que para o grupo 2 (milheto) as maiores estimativas ocorreram para os genitores 12 (M-62), 9 (M-30), 1 (M-29) e 8 (M-41), com os respectivos valores de 0,4080; 0,2318; 0,2254 e 0,1351 (Tabela 3), constatou-se que as melhores combinações híbridas e respectivas estimativas de \hat{s}_{ij} foram 11x9 (1,5581), 11x8 (1,3723) e 9x12 (0,9808), em que ambos os genitores apresentaram efeitos favoráveis da capacidade geral de combinação, seguidos das combinações 8x9 (1,4700), 6x6 (1,4593), 9x10 (1,4541), 9x5 (1,4024), 6x3 (1,2281) e 3x2 (1,0992), em que um dos genitores apresentou elevado efeito da capacidade geral de combinação.

Analisando-se a característica RFC, verificou-se que as melhores combinações híbridas e respectivas estimativas de \hat{s}_{ij} foram 3x5 (0,4904), 3x1 (0,3830), 11x6 (0,3725), 6x12 (0,3448), 1x11 (0,3250), 5x12 (0,3095), 1x10 (0,3016), 4x10 (0,2862), 6x8 (0,2491), 10x2 (0,1967), 9x7 (0,1654), 6x6 (0,1543), 10x5 (0,1538) e 9x8 (0,1511). Em ambos os grupos houve significância das estimativas de capacidade geral de combinação (\hat{g}_i).

As maiores estimativas positivas de \hat{g}_i para RFC no grupo de capim-elefante ocorreram para os genitores 3 (F94-28-3), 9 (F91-2-5), 5 (F93-4-2) e 6 (BAG-19) com os respectivos valores de 0,1574; 0,0617; 0,0521 e 0,0320 (Tabela 2), e, para o grupo de milheto, as maiores estimativas ocorreram para os genitores 12 (M-62), 9 (M-30), 1 (M-29) e 8 (M-41), com os respectivos valores de 0,4080; 0,2318; 0,2254 e 0,1351 (Tabela 3). Considerando-se, novamente, que as melhores combinações híbridas

devem ser aquelas com maiores \hat{s}_{ij} , e cujos genitores apresentem alta CGC (Cruz e Regazzi, 2001), verifica-se que as melhores combinações híbridas e respectivas estimativas de \hat{s}_{ij} foram 3x1 (0,3830), 6x12 (0,3448), 5x12 (0,3095), 6x8 (0,2491) e 9x8 (0,1511) em que os dois genitores apresentaram efeitos favoráveis da capacidade geral de combinação, acompanhados do híbrido de maior \hat{s}_{ij} , 3x5 (0,4904), e dos híbridos 9x7 (0,1654) e 6x6 (0,1543).

A combinação híbrida 6x6, juntamente com RFC, se destacou também para PMSI e PMSF, indicando aptidão dupla, ou seja, possui potencial para utilização para o sistema de corte (capineira), em que interessa a característica da planta integral, por ser fornecida picada no cocho, e também para o sistema de pastejo direto, assumindo a fração foliar maior importância, devido ao seu maior consumo pelo animal.

Quanto à característica altura média das plantas (Alt), que geralmente se encontra associada à capacidade de produção de matéria seca da forragem do capim-elefante (Daher et al., 2003) e dos híbridos com milho (Souza, 1971), das vinte primeiras maiores estimativas positivas de CEC (\hat{s}_{ij}), dez sobressaíram por conterem pelo menos um dos genitores com elevado valor de \hat{g}_i , constituídas pelas combinações (e respectivos valores de \hat{s}_{ij}): 11x9 (0,4611), 3x10 (0,3374), 11x1 (0,2799), 7x10 (0,2525), 8x1 (0,2471), 9x12 (0,2440), 11x8 (0,2312), 5x10 (0,2291), 11x4 (0,2007) e 2x4 (0,1743).

Ratificando as informações disponíveis na literatura, observa-se que, dentre as quatro combinações promissoras encontradas para PMSI neste trabalho, duas delas, definidas por 11x9 e 11x8, também foram selecionadas para a constituição de híbridos de grande porte.

Para a característica número de perfilhos por metro linear (NP), onze das vinte primeiras maiores estimativas positivas de CEC (\hat{s}_{ij}) destacaram-se por apresentarem, pelo menos, um dos genitores com elevado valor de \hat{g}_i , constituindo as combinações (e respectivos valores de \hat{s}_{ij}): 7x6 (16,2780), 7x3 (12,0405), 5x8 (11,1359), 10x7 (10,7121), 10x8 (9,4090), 11x12 (8,7203), 8x9 (8,6014), 6x2 (8,4240), 7x7 (8,4042), 6x3 (6,9341) e 4x12 (6,7226). Dentre estes híbridos, a combinação 8x9 também foi selecionada para PMSF e a combinação 6x3 selecionada para PMSI. As combinações híbridas 8x9 e 6x3, em função do alto potencial de produção de matéria seca de folhas e de planta integral, podem ser

recomendadas para constituição de pastagens e capineiras em condições de solos de meia encosta, de modo que o elevado número de plantas pode auxiliar no controle da erosão.

Considerando-se que plantas de menor diâmetro médio do caule podem ser mais vantajosas para a utilização dos híbridos, seja na forma de silagem, devido à maior facilidade na perda de umidade da matéria verde da planta, ou em capineira ou sob pastejo, selecionaram-se, dentre as vinte primeiras maiores estimativas negativas de CEC (\hat{s}_{ij}), apenas quatro combinações, nas quais apenas os genitores de capim-elefante apresentaram valor de \hat{g}_i significativos. Os híbridos que se destacaram, com os respectivos valores de \hat{s}_{ij} , são 2x9 (-0,2194), 2x10 (-0,1740), 7x5 (-0,1605) e 2x2 (-0,1317).

Conclusão

Com base nos resultados obtidos neste trabalho, podem-se estabelecer as seguintes conclusões:

- Caracterizou-se o envolvimento de efeitos gênicos aditivos no controle das características PMSF, %MSI, %MSF, %MSC, RFC, Alt e NP. Para as características PMSI, PMSC e DP foram observados efeitos aditivos apenas para os genitores do grupo de capim-elefante.

- Observou-se variabilidade genética nitidamente superior entre os genitores de capim-elefante, de modo que a estratégia de melhoramento intra-específico, principalmente em capim-elefante, poderá proporcionar maiores ganhos para a maioria das características do que a praticada de forma interespecífica.

- As melhores combinações híbridas para PMSI e PMSF, simultaneamente, foram BAG-64 x Wrajpop 88, BAG-64 x HiGrop, BAG-19 x BN 2 e BAG-19 x NPM 1.

Referências

- BARRETO, G.P. et al. Avaliação de clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) e de um híbrido com o milho (*Pennisetum glaucum* L.) submetidos a estresse hídrico. 1. Parâmetros morfológicos. *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 1-6, 2001a.
- BARRETO, G.P. et al. Avaliação de clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) e de um híbrido com o milho (*Pennisetum glaucum* L.) submetidos a estresse hídrico. 2. Valor nutritivo. *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v. 30, n. 1, p.7-11, 2001b.
- BENNET, H.W. Pasto Johnson, pasto alfombra y otras gramíneas para el sur humedo de los Estados Unidos. In: HUGUES, H.D et al. (Ed.). *Forrajes*. México: C.E.C.S.A., cap. 29. p. 321-34, 1976.

- COMSTOCK, R.E.; ROBINSON, H.F. The components of genetic variance in populations. *Biometrics*, Raleigh, v. 4, p. 254-266, 1948.
- COMSTOCK, R.E.; ROBINSON, H.F. Estimation of average dominance of genes. In: GOWEN, J.W. (Ed.). *Heterosis*. Iowa State College Press: Ames, Iowa, p. 494-516, 1952.
- 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 clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 255-64, 1997.
- DAHER, R.F. et al. Estabilidade da produção forrageira em clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). *Cienc. Agrotecnol.*, Lavras, v. 27, n. 4, p. 788-797, 2003.
- FALCONER, D.S. *Introduction to quantitative genetics*. 2. ed. London: Longman, 1987.
- GARDNER, C.O.; EBERHART, S.A. Analysis and interpretation of variety cross diallel and related populations. *Biometrics*, Raleigh, v. 22, p. 439-452, 1966.
- GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Austr. J. Biolog. Sci.*, Melbourne, v. 9, p. 463-493, 1956.
- HANNA, W.W. Melhoramento do capim-elefante. In: PASSOS, L.P. et al. (Ed.). A.V., eds. *Biologia e Manejo do Capim-Elefante*. Juiz de Fora: Embrapa-CNPGL. p. 19-27, 1999.
- KEMPTHORNE, O; CURNOW, R.N. The partial diallel cross. *Biometrics*, Raleigh, v. 17, p. 229-250, 1961.
- MATSUDA. Capim-elefante Paraíso Matsuda. Disponível em <<http://www.matsuda.com.br/index2.php?pagina=paginas/elefante.php>> Acesso em: 12 ago. 2003.
- NASCIMENTO JUNIOR, D. *Informações sobre plantas forrageiras*. Viçosa: UFV, Impr. Univ., 1975.
- 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.
- RUSSEL, W.A.; EBERHART, S.A. Hybrid performance of select maize lines from reciprocal recurrent selection and testcross selection programs. *Crop Sci.*, Madison, v. 15, p. 1-4, 1975.
- SANTOS, M.C.S. et al. Comportamento de clones de capim-elefante e de híbridos de capim-elefante x milheto no semi-árido do Nordeste do Brasil. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 29, n. 10, p. 1609-1615, 1994.
- 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.
- VENCOVSKY, R. *Alguns aspectos teóricos e aplicados relativos a cruzamentos dialéticos de variedades*. 1970. Tese (Livre Docência)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1970.
- 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.