

MELHORAMENTO DE FORRAGEIRAS

Reinaldo de Paula Ferreira¹
Antônio Vander Pereira¹

○ Brasil possui 180 milhões de hectares de pastagens, e a área ocupada com forrageiras cultivadas alcançou, recentemente, 105 milhões (Zimmer e Euclides Filho, 1997). A quase totalidade das forrageiras cultivadas refere-se a espécies tropicais introduzidas. Entre as forrageiras com maior área cultivada destacam-se diversas espécies dos gêneros *Brachiaria*, *Panicum*, *Paspalum*, *Pennisetum* e *Andropogon*.

A grande maioria da produção brasileira de leite e carne está baseada na utilização de pastagens, por constituírem alimento mais

¹ Eng.-Agrônomos, M.S., D.S., Pesquisadores da Embrapa Gado de Leite, Rua Eugênio do Nascimento, 610, 36038-330 Juiz de Fora, MG. E-mail: ferreira@cnppl.embrapa.br e avanderp@cnppl.embrapa.br

barato que as forragens processadas ou conservadas. Contudo, os índices de produtividade alcançados nestas atividades são considerados muito baixos quando comparados aos de outros países. Diversos fatores contribuem para determinar esta conjuntura, como baixo potencial e qualidade das forrageiras utilizadas, uso de rebanhos não-especializados, pastagens degradadas e baixo rendimento da atividade, com conseqüente redução da capacidade de os produtores realizarem investimentos na modernização da atividade.

A intensificação dos sistemas de produção de leite e carne vem ocorrendo, notadamente, nas Regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do País. Na busca do aumento da produtividade, estes sistemas requerem o uso de animais de maior potencial genético e que, ao mesmo tempo, exigem alimentos volumosos de melhor qualidade. Isto significa que existe intensa procura por novas variedades forrageiras que combinem elevada capacidade de produção com alta qualidade. Na atualidade, poucas variedades preenchem estes requisitos, sendo grande o desafio do melhoramento na obtenção de novas variedades.

É reconhecida a importância do melhoramento de plantas no aumento de produtividade de culturas como trigo, arroz, milho e soja. Grande parte das variedades atuais dessas espécies foi obtida por meio de métodos clássicos de melhoramento. No caso das plantas forrageiras, o melhoramento só atingiu este mesmo estágio de desenvolvimento em algumas espécies de clima temperado. Para as forrageiras tropicais, existem poucos programas de melhoramento em andamento em todo o mundo.

Vários fatores têm interferido no avanço do melhoramento das espécies tropicais, como escassez de recursos; reduzido número de pesquisadores dedicados ao melhoramento dessas espécies; dificuldade de acesso ao germoplasma básico; grande número de espécies apresentando elevada variação, complexidade da estrutura reprodutiva (alogamia, autogamia, propagação vegetativa, apomixia) e níveis de ploidia (diplóides, triplóides, tetraplóides e hexaplóides).

Em geral, as gramíneas tropicais possuem qualidade inferior em relação às espécies temperadas, entretanto apresentam produtividade e rusticidade superiores (Van Soest, 1994; Minson, 1990). Dessa forma, entre os principais objetivos dos programas de melhoramento de forrageiras tropicais destaca-se a melhoria dos qualidade da planta, caracterizada pelos parâmetros de digestibilidade, composição química e consumo animal. A melhoria dos cultivares atuais depende

da utilização da variabilidade genética no germoplasma, porém, para muitas espécies, pode-se recorrer ao germoplasma de espécies pertencentes a conjuntos gênicos próximos para conseguir a combinação gênica ideal.

A maioria das experiências em melhoramento de forrageiras no Brasil é relacionada com processos de introdução de novos materiais. A introdução constitui o primeiro processo de melhoramento e visa avaliar o comportamento de espécies e variedades em um novo ambiente. Pela sua facilidade de realização e possibilidade de sucesso, esta técnica tem sido intensamente utilizada para forrageiras. Entretanto, a introdução para uso direto em sistemas de produção tem seu potencial limitado pela baixa capacidade de os cultivares de se adaptarem a ambientes muito diferentes daqueles de sua origem, bem como pelas restrições impostas ao processo por diversos países.

O melhoramento genético de forrageiras tropicais assume importância fundamental no desenvolvimento da pecuária. Bray e Hutton (1976) consideram que o melhoramento de plantas forrageiras constitui um desafio a um conjunto de problemas diferentes daqueles encontrados para culturas anuais, sendo, provavelmente, uma tarefa mais difícil. No caso do melhoramento de plantas forrageiras, é necessário considerar a complexa relação solo-planta-animal. Assim, o objetivo do melhoramento não se resume em obter uma planta mais produtiva, mas em conseguir maior eficiência na produção animal.

Alguns programas de melhoramento de forrageiras têm sido bem sucedidos na obtenção de cultivares superiores em espécies como *Cynodon* (Coast-cross, Tifton 68, Tifton 85), alfafa (Florida, Cuf-101), capim-elefante (cv. Mott, Pioneiro), etc. Entretanto, a maioria destes programas está sendo desenvolvida no exterior, principalmente em países de clima temperado, e poucos apresentam objetivos voltados à obtenção de cultivares adaptadas aos trópicos.

Entre as forrageiras de maior potencial para intensificação da produção de leite e carne destacam-se o capim-elefante, as braquiárias, os *Panicum* e a alfafa. No Brasil, a maioria dos esforços de melhoramento está concentrada em capim-elefante e alfafa (Embrapa Gado de Leite), *Brachiaria* e *Panicum* (Embrapa Gado de Corte) e *Paspalum* (Embrapa Sudeste). Outras espécies também têm sido estudadas, contudo, não existem programas de melhoramento visando à obtenção de novas combinações genéticas.

De forma ampla, o termo forrageira pode ser aplicado a qualquer planta que sirva de alimento para os animais. Assim, o

conjunto das plantas forrageiras compreende um universo muito grande de espécies que apresentam enorme variação quanto à morfologia, estrutura reprodutiva e faixa de adaptação e outras características botânico-agronômicas. As famílias *Gramineae* e *Leguminosae* concentram as mais importantes forrageiras cultivadas, apresentando grande diversidade de espécies perenes e anuais; herbáceas, arbustivas e arbóreas; autógamas e alógamas; diplóides e poliplóides, etc. Assim, tratar dos aspectos relacionados com o melhoramento genético de todas as espécies forrageiras equivaleria a discutir todas alternativas metodológicas de melhoramento. Diante dessas dificuldades, optou-se por focalizar apenas duas espécies importantes para a pecuária de leite: capim-elefante e alfafa.

A seleção dessas duas espécies para constituir este capítulo foi feita com base nos seguintes aspectos: atualmente, estas espécies situam-se entre as de maior crescimento de área cultivada; o capim-elefante (*Gramineae*) é considerado a forrageira tropical de maior potencial de produção de forragem, e a alfafa (*Leguminosae*) é reconhecida principalmente pela alta produtividade e qualidade; estas espécies atendem aos requisitos nutricionais de animais de maior potencial de produção, sendo indicadas para sistemas de utilização intensiva. Há pouca informação sobre o melhoramento de capim-elefante e alfafa para as condições tropicais e estas espécies reúnem o maior conjunto de informações geradas pela pesquisa da Embrapa Gado de Leite na área de melhoramento de forrageiras.

MELHORAMENTO DO CAPIM-ELEFANTE

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) é uma espécie forrageira tropical pertencente à família *Gramineae*, tribo *Paniceae* e gênero *Pennisetum*. A tribo *Panaceae* reúne os mais importantes gêneros de plantas forrageiras tropicais, como *Brachiaria*, *Panicum*, *Melinis*, *Setaria*, *Axonopus* e *Acroceras*. O gênero *Pennisetum* apresenta mais de 140 espécies (Brunken, 1977), incluindo forrageiras cultivadas (*P. purpureum*, *P. clandestinum*, *P. unisetum*, *P. pedicellatum*), cultura de grãos (*P. glaucum*) e ornamentais (*P. villosum*, *P. setaceum*) (Kativu e Mithen 1987).

Segundo revisão realizada por Tcacenco e Botrel (1994), desde a sua descrição original, em 1827, a espécie já passou por uma série de denominações, como *P. macrostachyum* Benth, *P. benthamii* Steud, *Clymnothrix nitens* Anderss, *P. nitens* (Anderss.) Hack, *R flexispica* K.

Schum, *P. benthamii* var. *sambiansense* Hack, *P. benthamii* var. *nudum* Hack, *P. benthamii* var. *ternatum* Hack, *P. flavonicum* Leeke, *P. pruinatum* Leeke, *R pallescens* Leeke, *P. lachnorrhachis* A. Peters, *P. purpureum* subsp. *flexispica* (K. Schum.) (Maire e Weiler) e *P. purpureum* subsp., *benthamii* (Steud.) (Malre e Weiller).

A área de ocorrência natural do capim-elefante se estende por quase toda a África tropical, sendo observada a sua presença em locais com precipitação acima de 1.000 milímetros anuais e, principalmente, ao longo dos vales férteis (Stapf e Hubbard, 1934; Brunken, 1977).

A sua introdução no Brasil ocorreu em 1920, a partir de estacas procedentes de Cuba. A rápida e ampla disseminação dessa forrageira por todo o País deu-se em virtude de sua adaptação ao ambiente tropical e por apresentar importantes características forrageiras, como elevado potencial de produção de forragem de boa qualidade, podendo atingir acima de 300 t de matéria verde/ha/ano (Carvalho, 1985).

A espécie apresenta crescimento ereto, formando touceiras de porte muito elevado, e, por esta razão, sua principal forma de utilização tem sido para corte, com fornecimento no cocho. Atualmente, tem sido crescente a sua utilização como pastejo, especialmente para vacas em lactação. O capim-elefante tem apresentado excelentes resultados no aumento da produtividade de leite a pasto, quando manejado em sistema rotativo, demonstrando que este sistema deverá constituir a principal forma de utilização desta forrageira. Segundo Deresz et al. (1994), em pastagem de capim-elefante é possível obter produtividade superior a 15.000 kg de leite/ha/ano. Este processo de intensificação da produção de leite a pasto tem mostrado que o capim-elefante é a espécie forrageira de maior potencial para produção de leite a pasto.

A utilização do capim-elefante como pastejo apresenta vantagens que possibilitam aumento da capacidade de suporte da pastagem, maior diversificação agropecuária por usar pequena parcela da área da propriedade, aumento da produção e da produtividade, e economia de concentrados (Lima Junior, 1992). Ademais, o sistema dispensa operações, como corte, transporte e picagem da forragem, e possibilita que o animal faça a própria seleção do material a ser ingerido. Entretanto, algumas características do capim-elefante têm sido consideradas como desvantagens para sua utilização em pastejo. Entre elas, citam-se propagação por meio de estacas, concentração da produção durante o verão, elevado custo de implantação e exigência em fertilidade.

O capim-elefante é uma espécie que recebeu poucos esforços do melhoramento, e a maioria dos cultivares conhecidos ainda conserva

características do material silvestre. Entre essas características, destacam-se o florescimento não-sincronizado e a produção de sementes minúsculas e deiscentes, fatores que afetam negativamente o plantio da forrageira por meio de sementes. O melhoramento da maioria das características do capim-elefante é possível de ser obtido por meio da utilização do germoplasma da espécie e de espécies pertencentes a conjuntos gênicos próximos, como o *P. glaucum*, *P. squamulatum* e outros. A obtenção de cultivares adaptados ao pastejo, com propagação via semente, melhor qualidade, boa velocidade de rebrota, maior relação folha/colmo, sem pêlo, tolerantes a solos de baixa fertilidade, à seca e à salinidade e resistentes às cigarrinhas, tem alta prioridade para os programas de melhoramento.

O sucesso de qualquer programa de melhoramento genético depende, em grande parte, da presença de suficiente variabilidade genética aditiva, que possa ser explorada com eficiência na seleção de novos genótipos com características desejáveis. O trabalho de melhoramento é, em resumo, o de aumentar, nas populações em estudo, a frequência de genes favoráveis que afetam as expressões das diversas características de interesse. Também é importante conhecer, em detalhes, a espécie vegetal que está sendo manipulada, com respeito às peculiaridades da biologia da reprodução, as taxas de cruzamento e à variabilidade natural, para que se possa escolher, com eficiência, o método de melhoramento a ser empregado.

Estrutura Reprodutiva

A estrutura reprodutiva e a forma de propagação de uma espécie sugere a amplitude, o comportamento e a forma de distribuição da variabilidade entre e dentro das populações. Estas informações são importantes por indicar os métodos mais adequados a serem utilizados nos programas de melhoramento.

O capim-elefante é uma espécie alógama, de florescimento protogínico e com grande adaptação para a propagação vegetativa. Esta última característica constitui uma vantagem especial para os programas de melhoramento, por possibilitar a multiplicação e utilização em larga escala de um único genótipo superior.

As inflorescências do capim-elefante são do tipo panícula, apresentando espiguetas isoladas ou em grupos, e as flores podem ser masculinas ou bissexuais. O intervalo entre o aparecimento dos estigmas e das anteras varia de 7 a 9 dias (Pereira, 1997), o que dificulta a autofecundação e facilita a realização dos cruzamentos controlados. As

sementes são muito pequenas e, após o amadurecimento, desprendem-se com facilidade da panícula, tornando a sua colheita um processo antieconômico.

A época de florescimento pode variar com o cultivar e com as condições ambientais. Em Minas Gerais, o florescimento, normalmente, ocorre no período de março a agosto. De acordo com Xavier et al. (1993) e Pereira (1992), os cultivares podem ser classificados, quanto à época de florescimento, em precoces (março e abril), intermediários (abril e maio) e tardios (junho e julho), podendo ocorrer isolamento reprodutivo temporal entre variedades, principalmente entre as precoces e tardias.

O número básico do conjunto cromossômico do gênero *Pennisetum* é sete, sendo o capim-elefante uma espécie alotetraplóide ($2n = 4x = 28$), com comportamento diplóide, produzindo gametas férteis ($n = 14$). A espécie apresenta os genomas A'A' e BB, e o primeiro deles apresenta forte homologia com o genoma A do milho (*Pennisetum glaucum*) (Jauhar, 1981; Diz, 1994; Hanna, 1994). Estas duas espécies apresentam estreita relação genética (conjunto gênico secundário), trocando genes com grande facilidade e dando origem a híbridos interespecíficos de elevado potencial forrageiro. O híbrido proveniente do cruzamento destas duas espécies, um triploide estéril (21 cromossomos), assemelha-se mais ao capim-elefante, em virtude de sua 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). Embora sejam estéreis em razão do desbalanceamento cromossômico, estes híbridos podem ser mantidos e propagados por meio de estacas. Ainda, a restauração da fertilidade do híbrido interespecífico pode ser conseguida pelo processo de duplicação do conjunto cromossômico do triploide, originando um hexaploide.

Bancos de Germoplasma e Diversidade Genética

Até recentemente, a maioria dos processos de introdução de capim-elefante, no Brasil, foi resultante da ação individual de pesquisadores e produtores em visita a diversos países. Os registros indicam que se procurou trazer cultivares superiores que pudessem ser utilizados diretamente nos sistemas de produção. Dentre os principais cultivares introduzidos destacam-se Napier, Cameroon, Roxo, Mercker, Anão, Vrukwnona, Taiwan A-146, Taiwan A-144, Merkeron, Porto Rico e Cubano. Nota-se que no processo não houve a preocupação de realizar expedições de coleta de germoplasma nos centros de diversidade e nem mesmo ocorreu a introdução de coleções de ampla variabilidade genética.

A espécie constitui uma das principais forrageiras tropicais, podendo ser utilizada, principalmente, na alimentação de bovinos, eqüinos e caprinos. Com o objetivo de preservar o germoplasma e promover o melhoramento da forrageira, a Embrapa Gado de Leite mantém um Banco Ativo de Germoplasma de capim-elefante - BAGCE, que, atualmente, possui 120 acessos de capim-elefante, 50 acessos de milho e 15 acessos de outras espécies de *Pennisetum*. O BAGCE reuniu os principais cultivares de coleções brasileiras, bem como realizou várias introduções de bancos estrangeiros. O Banco apresenta como funções básicas proceder à introdução, preservação e caracterização do germoplasma de capim-elefante, bem como colocar em disponibilidade este recurso genético para a comunidade de técnicos e pesquisadores.

Para classificação da variabilidade genética e fenotípica do capim-elefante, diversas proposições têm sido apresentadas (Carvalho et al., 1972; Bogdan, 1977; Pereira, 1992). A mais recente, apresentada por Pereira (1992), considera a existência de cinco grupos morfológicos distintos, delimitados por uma série de características genético-morfológicas. Os grupos propostos são: Cameroon, Napier, Mercker, Anão e o dos híbridos interespecíficos. Estes grupos têm as seguintes características:

- Cameroon - cultivares com touceiras verticais, colmos grossos, porte alto, floração tardia;
- Napier - cultivares com touceiras abertas, colmos grossos, porte alto, floração intermediária;
- Mercker - cultivares com touceiras abertas, colmos finos, porte intermediário, floração precoce;
- Anão - cultivares com touceiras abertas, colmos finos, porte baixo, floração intermediária;
- Híbridos interespecíficos - cultivares com características morfológicas intermediárias, dependendo das combinações realizadas entre capim-elefante e milho.

Os cultivares dos grupos Cameroon, Napier e Mercker são os mais conhecidos e utilizados como capineiras e pastejo, embora existam muitos problemas de separação das variedades dentro dos grupos. Menos conhecidos, os cultivares anões e os híbridos interespecíficos apresentam excelente potencial de utilização em pastejo.

Os cultivares anões têm sido obtidos pela incorporação do alelo recessivo "dwarf" que, em homozigose, reduz o porte da planta, encurtando seus entrenós. Este efeito resulta num aumento da relação

folha/colmo e, por conseqüência, na melhoria da qualidade da forragem, uma vez que a digestibilidade das folhas é superior à dos colmos. O cultivar Tift N-75 - Mott é o mais importante representante do grupo, tendo sido desenvolvido especialmente para uso como pastejo (Hanna e Monson, 1988; Sollenberger et al., 1988).

Os híbridos de capim-elefante x milho constituem um material de grande interesse pela sua qualidade forrageira (Hanna e Monson, 1980; Boddorff e Occumpaugh, 1986; Schank e Chynoweth, 1993). Entretanto, em razão das irregularidades meióticas, a sua propagação somente é possível por meio de estacas vegetativas.

Pode-se conseguir a restauração da fertilidade dos híbridos triploides por meio do uso de indutores de poliploidia, como a colchicina, que provocam a duplicação do conjunto cromossômico, resultando na obtenção de hexaploides férteis. O grupo dos híbridos interespecíficos, obtidos pela combinação genética entre *P. glaucum* x *P. purpureum*, tem-se revelado uma alternativa interessante para obtenção de cultivares superiores. Além de melhor qualidade forrageira, estes híbridos apresentam elevada produção de sementes viáveis e de maior tamanho, o que os recomenda para propagação via semente (Rajasekaran et al., 1986; Diz e Schank, 1990, 1993). A partir dos hexaploides, podem-se obter diferentes raças cromossômicas, oriundas de novas combinações entre o capim-elefante (alotetraploide) e o milho (diplóide).

A relativa facilidade com que são obtidos os híbridos entre *P. glaucum* e *P. purpureum* demonstra que existe excelente potencial de aproveitamento do germoplasma de milho nos programas de melhoramento do capim-elefante. O germoplasma conhecido do milho, com mais de 12.000 acessos, apresenta ampla variabilidade para quase todas as características agronômicas. Assim, uma das principais vantagens da realização destes cruzamentos interespecíficos é a transferência de características do milho para o capim-elefante. Isto possibilitará a obtenção de cultivares forrageiras portadoras de características especiais, como melhor qualidade nutritiva, resistentes a pragas e doenças, tolerantes à seca e à salinidade e com menor exigência em relação à fertilidade do solo.

Para uso eficiente do germoplasma de capim-elefante, torna-se necessário proceder a um estudo detalhado de caracterização dos acessos. Este processo tem por objetivo avaliar e descrever a amplitude da variabilidade do germoplasma, bem como localizar características e marcadores morfológicos ou genéticos. Os descritores podem ser morfológicos (botânico-agronômicos) ou bioquímicos de

natureza qualitativa. Os descritores mais comuns referem-se aos caracteres morfológicos (ex.: altura da planta; número, comprimento e diâmetro dos internódios; comprimento e largura das folhas); reprodutivos (ex.: época de florescimento; comprimento, diâmetro e cor das inflorescências, tamanho da cariópse); agrônômicos (ex.: relação folha/colmo, produção de matéria seca) e bioquímicos (ex.: digestibilidade, conteúdo protéico).

A Embrapa Gado de Leite tem utilizado cerca de 50 descritores botânico-agronômicos para caracterizar o germoplasma de capim-elefante. Entretanto, existem poucas informações a respeito do poder discriminatório e da estabilidade de manifestação da maioria dos caracteres estudados.

Outra ferramenta poderosa na avaliação de diferenças genéticas entre acessos são as técnicas moleculares. Utilizadas como método auxiliar na caracterização do germoplasma, elas são úteis principalmente no processo de eliminação de duplicatas no Banco.

Estratégias de Melhoramento

O melhoramento genético de plantas forrageiras deve ser dirigido para a obtenção e/ou seleção de novos materiais que possam aumentar a quantidade e/ou qualidade de forragem produzida, a eficiência da produção animal e, conseqüentemente, os lucros da exploração pecuária. Os métodos de melhoramento aplicados em espécies forrageiras são os mesmos utilizados em outras culturas de valor econômico, apenas os objetivos finais são diferentes. Em espécies anuais, por exemplo, os melhoristas procuram, em síntese, aumentar significativamente a produção de grãos, seja direta ou indiretamente, selecionando para tolerância às doenças e pragas, às condições adversas de solo e clima, etc. Em gramíneas forrageiras, a resposta que se busca é um melhor desempenho produtivo animal e não apenas melhor comportamento agrônômico da planta. Neste caso, estão envolvidas complexas interações clima x solo x planta x animal, que tornam o processo mais difícil e de execução demorada.

A espécie *Pennisetum purpureum* apresenta algumas características especiais que facilitam o processo de melhoramento, como:

- espécie alógama
- florescimento protogínico
- elevado número de inflorescências por planta
- inflorescências grandes com elevado número de flores

- florescimento gradual
- produção abundante de pólen
- propagação vegetativa e por sementes
- planta perene
- germoplasma com ampla variabilidade
- facilidade de cruzamento interespecífico.

Essas características, aliadas ao baixo nível de intervenção do melhoramento já exercido sobre a espécie, permitem a utilização de métodos simples de melhoramento com ampla possibilidade de sucesso.

Hibridação Intra-específica

Segundo Hanna (1994), a hibridação entre cultivares de capim-elefante é o melhor caminho para obter clones superiores. Para seleção dos genótipos a serem combinados, devem ser adotados os critérios da complementação alélica e da divergência genética. A distância genética entre os acessos do BAGCE, com base nos dados da caracterização morfológica, é estimada com emprego de métodos de análise multivariada (Componentes Principais e Análise de Agrupamento), enquanto a orientação sobre a complementação alélica dos pares a serem cruzados é fornecida pelo interesse de se juntar determinados caracteres de importância forrageira. Hanna (1994) sugere o intercruzamento entre vários clones, com diferentes características genéticas, como método de obter progênies superiores.

Os cruzamentos controlados podem ser realizados manualmente, em campo ou em casa de vegetação. No campo, selecionam-se as inflorescências antes da abertura da flor (estádio de "emborrachamento"), protegendo-as com sacos de papel, de modo a impedir a ocorrência de cruzamentos naturais. No momento em que os estigmas estiverem receptivos, o pólen é coletado do genitor masculino e colocado sobre os estigmas do genitor feminino, sendo mantida a proteção das inflorescências até a colheita das sementes. Embora o capim-elefante apresente flores masculinas e femininas na mesma inflorescência, o risco de ocorrer autofecundação é muito baixo, visto que a espécie apresenta intervalo de protoginia de 6 a 9 dias (Pereira, 1997), suficiente para impedir a ocorrência deste problema.

Nos cruzamentos realizados em campo, normalmente muitas inflorescências podem quebrar-se por ação do vento, pendendo-se. Assim, pode-se contornar este tipo de problema através da utilização de uma outra técnica (Schank e Chynoweth, 1993), que permite

realizar os cruzamentos em condições controladas de laboratório. Neste caso, as inflorescências dos genitores que se deseja combinar devem ser colhidas antes da abertura da flor e colocadas em uma solução nutritiva até o completo desenvolvimento das sementes. A solução é preparada com 2% de sacarose e 0,2% de hidroxiquinoleína.

As sementes híbridas são colocadas para germinar em canteiros estabelecidos por famílias de irmãos completos. Inicialmente, são avaliados a taxa de germinação e o vigor inicial das plantas. A partir da germinação até a fase de plantas adultas, aplica-se uma pressão de seleção entre e dentro das famílias, visando selecionar as progênes superiores.

Os híbridos selecionados são clonados e multiplicados em linhas, onde são observados os seguintes caracteres: relação folha/colmo, época de florescimento, produção de sementes, perfilhamento e produção de matéria seca/touceira. Os clones que não apresentam heterose em relação à média dos pais devem ser descartados. Os melhores clones desta fase de avaliação são selecionados para os testes em diferentes ambientes.

Os cruzamentos são dirigidos visando obter cultivares adaptados para uso como pastejo ou para corte e que apresentam elevada produção de matéria seca de boa qualidade; melhor equilíbrio entre a produção de verão e inverno; porte de planta intermediário a baixo; sejam tolerantes e responsivos às condições adversas de solo; como menor incidência de pêlos; maior tolerância às geadas, resistência a cigarrinhas; e sementes com maior taxa de fertilidade e com menor deiscência.

A redução do porte da planta constitui objetivo importante no melhoramento do capim-elefante por estar associada com maior relação folha/colmo. Uma das alternativas para obtenção de plantas mais baixas é a introdução do gene "Dwarf", que, em homozigose recessiva, condiciona a redução do porte da planta à diminuição do comprimento dos internódios, sem, contudo, provocar alteração no número de folhas. Este processo permite obter, mais rapidamente, cultivares de baixo porte e com maior proporção de folhas, melhorando a qualidade forrageira da planta.

O cultivar anão Tift N-75 - Mott, homozigoto recessivo, tem sido usado como fonte do alelo "Dwarf" (Hanna e Monson, 1988), que pode ser transferido para cultivares de porte normal. Após o cruzamento, as progênes F_1 são autofecundadas, esperando-se uma segregação 3:1 entre plantas altas e baixas. Para se evitarem os problemas de perda de vigor causados pela autofecundação, pode-se cruzar F_1 resultantes de diferentes genitores de porte normal, portadores do alelo recessivo Dwarf, obtendo-se a mesma taxa de segregação.

Durante as fases de seleção, diversos caracteres de importância forrageira devem ser avaliados, e o esforço reprodutivo e a fertilidade das sementes têm sido utilizados como critérios auxiliares. A utilização destes critérios é importante considerando-se que as cultivares anãs apresentam baixa capacidade de produção de propágulos vegetativos, sendo, portanto, de interesse o desenvolvimento de variedades propagadas por sementes.

Hibridação Interespecífica

O capim-elefante (*P. purpureum*) e o milho (*P. glaucum*) se cruzam com relativa facilidade, possibilitando, dessa forma, o aproveitamento do germoplasma do milho no melhoramento do capim-elefante. O cruzamento entre estas duas espécies resulta na obtenção de um híbrido interespecífico, o qual pode reunir as características de interesse existentes nas duas espécies. Assim, podem-se combinar a alta qualidade da forragem, boa produção de sementes, resistência à deiscência e tolerância às doenças, encontradas no germoplasma de milho, com a rusticidade, agressividade, perenidade e alta produção de matéria seca do capim-elefante.

O híbrido interespecífico entre capim-elefante x milho é um triploide estéril, perene e que necessita ser propagado por meio de estacas vegetativas. Entretanto, a restauração da fertilidade do híbrido pode ser obtida por meio da duplicação dos cromossomos do triploide, como mostra a Figura 1.

Os triploides e hexaploides têm sido considerados importantes fontes de variação para seleção de novos clones superiores. Entre os híbridos triploides em desenvolvimento na Embrapa Gado de Leite, tem-se observado grande variabilidade para caracteres de importância forrageira, sendo possível encontrar materiais com teor de proteína bruta de até 23% nas folhas, muito superior aos níveis normais do capim-elefante. Entretanto, os híbridos têm apresentado florescimento precoce, o que constitui desvantagem em razão do decréscimo de produção de matéria seca. Este aspecto poderá ser corrigido através do cruzamento entre cultivares tardios das duas espécies.

Os hexaploides, embora menos estudados, apresentam como vantagens a elevada produção de sementes de maior tamanho e de bom poder germinativo. Segundo Diz e Schank (1991) e Schank (1994), existe grande potencial de aproveitamento dos hexaploides para propagação via semente. Embora apresentem excelente potencial forrageiro, os híbridos de capim-elefante x milho devem ser melhor

estudados, principalmente, em relação à sua perenidade. Em algumas populações hexaplóides tem-se observado acentuada morte de touceiras após três anos de plantio. Este comportamento pode ser resultante da manifestação de genes deletérios contidos no genoma do milheto, que é uma espécie anual.

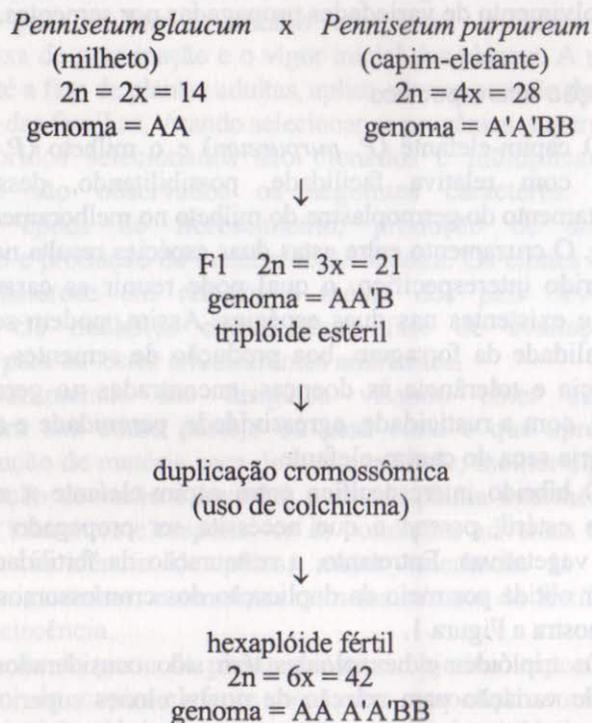


Figura 1 - Metodologia de obtenção de híbridos triplóides e hexaplóides de capim-elefante x milheto.

Dentro do programa de melhoramento, os híbridos interespecíficos são submetidos a um processo seletivo idêntico ao descrito para os híbridos intra-específicos.

Melhoramento Populacional

O melhoramento do capim-elefante pode ser conduzido por dois caminhos básicos: obtenção de clones e melhoramento populacional. O processo de obtenção de clones constitui um método mais simples, visto que basta identificar um genótipo superior e fixá-lo por meio da

propagação vegetativa. Esta é a estratégia mais comumente utilizada, tendo sido responsável pela obtenção da maioria dos cultivares. Entretanto, este processo fica limitado pela dependência ou possibilidade do aparecimento de combinações superiores com base na hibridação simples. Ainda, os clones, em razão da sua base genética estreita, podem sofrer uma vulnerabilidade genética aos fatores bióticos, bem como apresentar menor capacidade adaptativa em relação à variação ambiental.

No caso do melhoramento populacional, o processo de seleção baseia-se no aumento da frequência de genes favoráveis, resultando numa população superior à original. Entretanto, o aumento da frequência de genes favoráveis em determinada população depende de diversos fatores, como variabilidade genética da população-base, tamanho da população, método de seleção empregado, influência ambiental, etc.

O capim-elefante é uma espécie alógama, com propagação preferencialmente vegetativa, e a maioria dos cultivares existentes são clones, portanto, sem variação genética. Isto significa que o melhoramento populacional desta forrageira deve ser precedido da obtenção de uma população geneticamente heterogênea. Pode-se obter esta população por meio do intercruzamento de diferentes fontes de germoplasma selecionadas com base em critérios como superioridade agrônômica, diversidade genética e complementação alélica.

O principal objetivo da obtenção de uma população de capim-elefante geneticamente variável deve ser o desenvolvimento de um programa de melhoramento populacional. Este programa irá gerar uma população melhorada, que pode ser utilizada *per se*, para produção de híbrido intervarietal e como fonte de novas linhagens para a obtenção de híbridos superiores.

Considerando que os atuais cultivares de capim-elefante, na sua maioria, são clones, as sementes produzidas pelas mesmas resultam de autofecundação (cruzamento entre plantas com o mesmo genótipo), portanto, podendo resultar em perda de vigor na geração seguinte por efeito da depressão endogâmica. Esta constitui uma das principais restrições ao uso de sementes de capim-elefante. Dessa forma, a obtenção de populações melhoradas constitui uma alternativa viável para o desenvolvimento de cultivares com propagação por meio de sementes.

Outra alternativa ainda não explorada no melhoramento do capim-elefante é a extração de linhagens para obtenção de híbridos. A obtenção de híbridos de linhagens, intra e interespecíficos, constitui um caminho de amplas possibilidades para o melhoramento do capim-elefante.

Após a seleção e o intercruzamento dos genitores (clones) para constituir uma população variável, esta necessita de três a quatro ciclos de recombinação para alcançar o equilíbrio genético. A seleção recorrente tem sido o método mais comumente utilizado para o melhoramento populacional, por apresentar a vantagem de conseguir o aumento da frequência dos genes favoráveis sem causar drástica perda na variabilidade genética.

Recentemente, a Embrapa Gado de Leite iniciou um programa de melhoramento intrapopulacional de capim-elefante e, interpopulacional, entre capim-elefante e milheto, objetivando a obtenção de populações de ampla base genética e com boa capacidade de combinação geral e específica.

Cultura de Tecidos

O princípio básico da cultura de tecidos é regenerar plantas a partir de células isoladas não diferenciadas, ou a partir de órgãos e tecidos vegetais. Tais células, colocadas em um meio apropriado, podem dividir-se indefinidamente e até diferenciar-se, o que irá propiciar a regeneração de parte da planta ou então da planta inteira e, dessa forma, milhares de clones podem ser produzidos a partir de uma ou algumas células (Ramalho et al., 1989).

Na Embrapa Gado de Leite, a cultura de tecidos tem sido utilizada como meio para preservação *in vitro*, dos acessos de capim-elefante, intercâmbio de germoplasma e limpeza clonal. Para espécies como o capim-elefante, cujo germoplasma necessita ser mantido *in vivo* de modo a preservar a pureza varietal, a conservação *in vitro* apresenta a vantagem de exigir pouco espaço. Além disso, o intercâmbio de germoplasma será mais fácil e com menor risco de introdução de patógenos, uma vez que no sistema *in vitro* a ocorrência de doenças é praticamente nula.

A cultura de tecidos tem também fornecido grandes contribuições à limpeza de cultivares infectados com vírus. Para muitas espécies de propagação vegetativa, a cultura de meristemas constitui uma das maneiras mais eficientes de limpar as plantas de viroses causadoras da degenerescência dos cultivares. O princípio básico é que, devido à rapidez da multiplicação das células meristemáticas, as partículas virais não conseguem infectar tais tecidos. Além do mais, o sistema vascular dessas regiões não se encontra completamente desenvolvido, o que dificulta o transporte do vírus para essas partes (Ramalho et al., 1989).

Avaliação e Seleção de Clones para Diferentes Condições Edafoclimáticas

O comportamento de um cultivar resulta do seu potencial genético e da interação com os fatores ambientais. Dessa forma, a capacidade de se ajustar a determinado local (adaptação) e apresentar comportamento constante em diversas condições ambientais (estabilidade) está relacionada com a constituição genotípica do cultivar. Populações melhoradas e com ampla variabilidade genética, normalmente, apresentam maior facilidade de adaptação em diferentes situações, sustentando produções elevadas.

No caso do capim-elefante, em que a maioria dos cultivares são clones, portanto, sem variabilidade genética, espera-se que a sua capacidade de resposta ambiental seja menor que no caso das populações variáveis. Esta argumentação tem por objetivo demonstrar a importância de se desenvolverem cultivares de capim-elefante, específicos para os diferentes ecossistemas nacionais. Ainda, os sistemas de exploração da forrageira, corte e pastejo, exigem da planta estratégias diversas quanto à recomposição da matéria verde. No sistema de corte, o crescimento da planta é sustentado pelo meristema apical, enquanto no pastejo a planta se utiliza mais dos meristemas axilares para o lançamento de perfilhos aéreos. Isto significa que um mesmo cultivar pode não apresentar a mesma adaptação aos dois sistemas de manejo, podendo ser necessária a identificação de variedades específicas para cada situação.

O programa de melhoramento de capim-elefante da Embrapa Gado de Leite tem por objetivo desenvolver cultivares para as diferentes regiões brasileiras e para os sistemas de corte e pastejo. Assim, após os primeiros ciclos de seleção, os clones de maior potencial são avaliados sob corte e pastejo por uma rede de instituições de pesquisa localizadas nas diferentes regiões do País. Dessa forma, espera-se desenvolver cultivares de melhor comportamento, adaptados para cada ambiente ou sistema de exploração.

MELHORAMENTO DA ALFAFA

O atual estágio da pecuária leiteira, de elevada competitividade interna e externa, exige dos produtores a adoção de sistemas de intensificação da produção que possibilitem a obtenção de maior produtividade e menor custo. Esta intensificação vem ocorrendo, notadamente, nas principais bacias leiteiras das Regiões Sul, Sudeste e

Centro-Oeste do País. Nestes sistemas são utilizados animais de maior potencial genético e que, portanto, exigem alimentos volumosos de melhor qualidade. Esta situação tem resultado numa elevada demanda de informações sobre forrageiras de alto valor nutritivo para a alimentação do rebanho leiteiro.

A alfafa é uma das forrageiras mais indicadas para vacas de alta produção, destacando-se pela produtividade, qualidade da forragem produzida e aceitabilidade pelo animal. Entretanto, um dos obstáculos à expansão da cultura da alfafa no Brasil é a inexistência de cultivares adaptados às condições tropicais, presente na maior parte do País.

Atualmente, o cultivo da alfafa tem se restringido à Região Sul, de clima mais temperado, onde os cultivares introduzidos têm mostrado melhor adaptação. A obtenção de novos cultivares, mais adaptados ao ambiente tropical, possibilitará o seu cultivo em outras regiões brasileiras, com conseqüente incremento da área de exploração, assegurando, dessa forma, um alimento de alta qualidade e produtividade nos sistemas intensivos de produção de leite.

Origem e Distribuição

A alfafa (*Medicago sativa* L.) é uma forrageira largamente difundida, principalmente no hemisfério norte, sendo amplamente utilizada na alimentação de animais, com elevado requerimento nutricional. É uma leguminosa perene, originária da Ásia, ocorrendo naturalmente na região em que estão localizados a Turquia, o Iraque, o Irã, o Afeganistão, o Paquistão, o Norte da Índia e a parte montanhosa do Cáucaso. Foi introduzida na Europa, pelos Persas, cerca de 490 a.C., e, na América, especificamente no México, em 1519, pelos espanhóis. Posteriormente, surgiu no Peru, no Chile e na Argentina, onde há, atualmente, significativa área plantada. No Brasil, foi introduzida no Rio Grande do Sul pelos imigrantes europeus e/ou provenientes do Uruguai e da Argentina. Cultivada inicialmente nos vales dos rios das regiões coloniais, posteriormente foi difundida para Santa Catarina, Paraná, São Paulo e, atualmente, Minas Gerais, que são os principais estados produtores no País (Fontes et al., 1994).

A produção brasileira é muito pequena, em torno de 180 a 100 mil toneladas anuais, não atendendo à demanda, que seria pelo menos o dobro, considerando apenas aqueles animais de alto potencial genético. Isto resulta na necessidade de importação de alfafa dos países vizinhos. As dificuldades para expansão do cultivo da alfafa vêm desde o desconhecimento da cultura, passando pelos aspectos de fertilidade do solo, manejo, produção de sementes, até a necessidade

de seleção de material mais adaptado às condições tropicais da maior parte do País.

A Forrageira

A alfafa reúne características forrageiras desejáveis, como alto valor nutritivo, elevada produção de massa verde, palatabilidade e digestibilidade, o que lhe confere o título de mais importante forrageira cultivada. Atualmente, a área cultivada com a alfafa alcança 32 milhões de hectares, localizados, principalmente, em países de clima temperado. Entretanto, 70% desta área situa-se em três países: Estados Unidos, Rússia e Argentina (Michaud et al., 1988). No Brasil, o cultivo da alfafa ainda é incipiente e está concentrado na Região Sul, sendo explorados cerca de 26.000 ha.

A alfafa é cultivada de forma mais intensa no Rio Grande do Sul, desde meados do século XIX, com a chegada dos imigrantes alemães e italianos. O cultivo ocorreu em áreas de maior fertilidade, como nos vales dos rios Caí, Taquari, Jacuí e Uruguai e nas encostas da serra do nordeste do Estado (Saibro, 1985).

Nesta região é que se originou a “alfafa crioula”, resultante de uma ação conjunta entre a seleção natural e a praticada pelo homem. Esta população encontra-se adaptada às condições ambientais do Rio Grande do Sul, portanto, em equilíbrio com as principais pragas e moléstias, o que tem possibilitado superar a maioria dos cultivares introduzidos (Bassols et al., 1979; Medeiros e Zambra, 1987).

Apesar de reunir algumas das mais importantes características forrageiras, a alfafa tem uso limitado nas regiões tropicais, possivelmente em decorrência dos seguintes fatores: as gramíneas tropicais são abundantes e normalmente de alta produtividade; ainda não foram desenvolvidos cultivares específicos para as condições tropicais e, comparativamente, o cultivo da alfafa requer maiores cuidados e investimentos do que o das gramíneas.

O custo e a qualidade da alimentação constituem os fatores básicos que determinam a possibilidade de incremento da produtividade em animais de elevado padrão genético. Para esses animais tem sido crescente o interesse pelo uso da alfafa, dadas sua qualidade e sua resposta econômica em relação a outros tipos de forragem. As formas mais comuns da sua utilização têm sido o feno, a silagem e o pastejo, existindo cultivares específicos para cada tipo de uso (Carvalho e Vilela, 1994).

Van Keuren e Matches (1988) citam produções de leite de até 6.948 kg/ha com vacas mantidas com pastagem de alfafa consorciada

com gramíneas de clima temperado durante seis meses sem receber qualquer suplementação. Hilton e Lumdquist, citado por Van Keuren e Matches (1988), trabalhando com pastagens consorciadas de alfafa com gramíneas de clima temperado, obtiveram produções médias de 24,7 kg de leite por vaca durante um período de 84 dias. Vilela et al. (1993) também evidenciaram o potencial da alfafa para a produção de leite em regiões tropicais, conseguindo produções de $51,3 \pm 14,0$ kg de leite/ha/dia, com vacas puras holandesas recebendo como única fonte de alimento pastagens de alfafa em cultivo exclusivo.

Apesar do alto potencial da alfafa para produção de leite, o sucesso na sua utilização depende de uma série de fatores, que envolvem desde a escolha de um cultivar adaptado às condições edafoclimáticas locais até a adoção de práticas de manejo que irão garantir seu estabelecimento e sua máxima produtividade, qualidade e persistência. Em regiões tropicais, o regime pluviométrico é um dos fatores primários que afetam a adaptação da alfafa, devido a sua influência na umidade e no pH do solo (Melton et al., 1988). A alfafa se adapta a solos profundos e bem drenados (Sheaffer et al., 1988), ligeiramente alcalinos e de alta fertilidade (Lanyon e Griffith, 1988).

Outro fator que condiciona a adaptação da alfafa é a sua susceptibilidade a doenças e pragas, cuja incidência é influenciada pela intensidade de chuvas (Melton et al., 1988), podendo ocorrer nas folhas, nos caules, nas raízes e nas sementes (Leath et al., 1988; Manghitz e Ratcliffe, 1988), sendo mais freqüentes sob umidade elevada. O ataque de insetos e doenças, principalmente nas folhas, ocasiona um aumento na relação colmo/folha com reflexos negativos na qualidade da forragem, aumentando, conseqüentemente, o teor de fibras e diminuindo a concentração de proteína (Marten et al., 1988).

Na Região Sul, pesquisas já foram conduzidas com o objetivo de definir cultivares mais adaptados (Bassols et al., 1979), bem como práticas para estabelecimento, manejo e utilização dessa cultura (Zimmer et al., 1982). Por outro lado, nas Regiões Sudeste e Centro-Oeste, onde o cultivo de alfafa encontra-se em fase de expansão, as pesquisas estão numa fase mais exploratória sobre o potencial e a adaptação desta forrageira às condições tropicais (Botrel et al., 1992; Evangelista et al., 1993). No entanto, nessas regiões, tem-se verificado grande interesse por esta leguminosa, devido à intensificação dos sistemas de produção de leite, tornando-se indispensável gerar tecnologias para produção da alfafa adequadas às diferentes regiões do País. Assim, a identificação de cultivares adaptados é um dos fatores que irão assegurar a contribuição dessa leguminosa como alimento de alta qualidade e produtividade nos sistemas intensivos de produção de leite.

Citogenética

A alfafa é bastante estudada em suas características botânicas, fisiológicas, genéticas e reprodutivas. Estes conhecimentos, aliados à definição do que precisa ser melhorado, têm contribuído para o desenvolvimento de procedimentos adequados para a condução de programas de melhoramento. É uma leguminosa perene, que pode ser propagada vegetativamente. Possui flores completas, polinização cruzada predominante, sofrendo grande depressão por endogamia (Wilsie, 1968). A polinização é entomófila, praticada principalmente por abelhas. Todos os cultivares de alfafa em uso são autotetraplóides ($2n = 4x = 32$), com herança complexa de caracteres de importância econômica. A espécie apresenta mecanismos eficientes de auto-incompatibilidade, que se manifestam pela baixa eficiência dos gametófitos masculinos na autofertilização e pela reduzida capacidade de inibição do crescimento do tubo polínico em situação de autofertilização (Barnes et al., 1972).

Fundamentalmente, os autotetraplóides diferem dos diplóides quanto ao seu comportamento citogenético, em virtude da presença de quatro cromossomos homólogos. Bingham (1979), revisando os aspectos teóricos da ocorrência de heterose na alfafa, mostrou que o vigor decresce da condição tetralélica (a1, a2, a3, a4) para a monoalélica (a1, a1, a1, a1). Assim, o vigor se mostra inversamente proporcional ao nível de endogamia do genótipo individual.

Este aspecto do comportamento genético dos autopoliplóides requer a tomada de cuidados especiais durante as fases do programa de melhoramento, de modo a evitar os efeitos indesejáveis da endogamia. Dessa maneira, a criação de um cultivar superior de alfafa, segundo Rumbaugh et al. (1988), pode ser conseguida através do aumento da freqüência dos genes favoráveis para os caracteres de interesse, ao mesmo tempo em que se procura reter uma base genética suficientemente ampla, de forma a evitar os efeitos depressivos da endogamia em gerações avançadas.

Melhoramento Genético

O desempenho de uma cultura não pode ser melhorado se não forem consideradas as limitações impostas pelo ambiente e a capacidade de adaptação da planta. Historicamente, a abordagem para aumentar o rendimento de plantas tem sido, em primeiro lugar, a melhoria do ambiente e, depois, a seleção de genótipos que expressem, da forma mais completa possível, o seu potencial neste ambiente (Rumbaugh e Heichell, 1985).

Na alfafa e em outras espécies forrageiras perenes, normalmente, são buscadas características morfológicas, fisiológicas e agronômicas que promovam o rendimento e a qualidade da forragem e a persistência das plantas em sistemas de produção. O potencial de rendimento de matéria seca da alfafa cultivada está estimado em torno de 22 t/ha/ano. Na maioria das situações este potencial não é atingido por limitações do ambiente, considerado de forma ampla. Os resultados mais significativos no aumento do rendimento têm sido alcançados, incorporando-se às variedades tolerância às principais pragas e doenças prevalentes na região (Paim, 1994).

No caso de forrageiras, os ganhos obtidos em rendimento, por meio de trabalhos de melhoramento, quando comparados com aqueles obtidos em culturas para grãos, têm sido muito pequenos. Várias são as razões apontadas para este lento progresso no rendimento da cultura da alfafa, quando comparada com culturas anuais. Obviamente, a condição perene é a mais importante, e a acumulação de produtos da fotossíntese para a sobrevivência durante o inverno é outra característica também importante (Hill et al., 1988).

Em espécies perenes, normalmente é necessário realizar a avaliação por diversos anos, antes de decidir sobre o material a ser selecionado, o que torna o trabalho de melhoramento muito prolongado. A alfafa já apresenta naturalmente alto potencial de produção de forragem de boa qualidade, e vários fatores não-genéticos, como manejo de cortes, fertilidade do solo, métodos de colheita e armazenamento, têm contribuído para o aumento da produtividade. Com os trabalhos de melhoramento, os resultados mais significativos têm sido obtidos com a incorporação de resistência a pragas e doenças. A resistência, muitas vezes, representa a diferença entre o fracasso e o estabelecimento de um alfafal produtivo e persistente (Hill et al., 1988).

A alfafa constitui uma das forrageiras mais bem estudadas, sendo grande o número de programas dedicados a melhoramento genético, principalmente no exterior. No Brasil, estes estudos ainda se encontram numa fase incipiente, sendo a principal estratégia de melhoramento adotada a introdução de cultivares desenvolvidos no exterior. Como a maioria desses cultivares introduzidos foi desenvolvida para adaptação a ambientes temperados, o seu sucesso, no Brasil, tem sido restrito. Entretanto, este processo de introdução apresenta a vantagem de disponibilizar germoplasma para os programas de melhoramento.

A Embrapa Gado de Leite está procurando selecionar dentro de uma população do cultivar Crioula genótipos superiores mais bem adaptados às condições tropicais. Utiliza-se o método de seleção recorrente, procurando, assim, aumentar a frequência de genes favoráveis na população.

Uma das alternativas para agilizar um programa de melhoramento e torná-lo mais eficiente é o uso da experimentação em rede. Esta estratégia de trabalho apresenta a vantagem de simular o efeito da variação ambiental mais rapidamente. A avaliação do comportamento de variedades, simultaneamente, em diferentes condições ambientais, permite estimar a adaptabilidade e estabilidade dos diversos materiais, reduzindo o tempo necessário de experimentação. Esta estratégia de ação tem se constituído num dos principais instrumentos do melhoramento de plantas e, no caso específico de alfafa, o Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Leite (CNPGL) coordena a Rede Nacional de Avaliação de Cultivares de Alfafa (RENACAL), com a participação de diversas instituições de pesquisa e universidades do País.

Métodos de Melhoramento

Em virtude da natureza alogâmica e autotetraplóide da alfafa, os métodos de melhoramento empregados para a espécie devem considerar a manutenção de uma base genética mais ampla, de modo a evitar os problemas de depressão endogâmica. Em alfafa, os métodos clássicos de melhoramento podem ser divididos em dois grandes grupos: melhoramento interpopulacional e melhoramento intrapopulacional.

O melhoramento interpopulacional baseia-se no fluxo de genes entre populações, proporcionado pela polinização livre ou dirigida entre elas. Dentro deste grupo, incluem-se melhoramento populacional, obtenção de sintéticos, retrocruzamentos e produção de híbridos (Paim, 1994).

No caso do melhoramento populacional, o processo de seleção baseia-se no aumento da frequência de genes favoráveis, resultando numa população superior à original. Entretanto, o aumento da frequência de genes favoráveis em determinada população depende de diversos fatores, como variabilidade genética da população-base, tamanho da população, método de seleção empregado, influência ambiental, etc.

Embora o melhoramento populacional conduza a uma variabilidade genética mais estreita, uma certa variabilidade sempre

persiste devido, principalmente, à quebra de novos blocos gênicos proporcionados pelas sucessivas recombinações. Assim, a população resultante será representada por vários genótipos, o que lhe conferirá maior estabilidade fenotípica. Evidentemente, uma população em equilíbrio e com maior diversidade genética será mais interessante, por apresentar maior capacidade de resposta ao ataque de doenças e pragas (Paterniani e Miranda Filho, 1978).

O aumento da frequência dos genes favoráveis é conseguido através de diferentes métodos de seleção, sendo mais rotineiramente utilizado o método de seleção recorrente. Por este método procura-se acumular, gradualmente, genes desejáveis na população, sem marcada perda da variabilidade genética. Faz-se uma seleção sistemática de indivíduos dentro de uma população geneticamente heterogênea, seguido da recombinação dos indivíduos selecionados para formar uma nova população. Repete-se este processo até esgotar a variabilidade genética da população (Paterniani e Miranda Filho, 1978).

As principais vantagens da seleção recorrente, segundo Geraldi (1997), são:

- obtenção de maior variabilidade genética pelo intercruzamento de múltiplos genitores;
- maior oportunidade de recombinação, devido aos cruzamentos sucessivos;
- maior eficiência no aumento da frequência de genes favoráveis na população, devido ao processo repetitivo e acumulativo da seleção;
- maior facilidade para incorporar germoplasma exótico na população.

Para espécies autopoliplóides, como a alfafa, um dos métodos de melhoramento que proporciona melhores possibilidades de ampliar a base genética e preservar genes favoráveis é a constituição de populações sintéticas. De acordo com Hanson et al. (1972), os sintéticos podem ser considerados fonte de material melhorado, e atuam como uma eficiente forma de conservação de genes.

O termo sintético é utilizado para designar um composto genético com diferentes contribuições. Para Tysdal e Crandal (1948), um sintético de alfafa se origina do cruzamento, da compostagem ou do plantio conjunto de duas ou mais linhagens ou clones, sendo as sementes colhidas e plantadas em "bulk" por gerações sucessivas. O número de gerações recombinantes necessárias para o sintético atingir o equilíbrio pode variar com a espécie e o número de genótipos combinantes.

Rumbauch et al. (1988) chamam a atenção para o fato de que, embora a produção de um sintético seja relativamente simples, a etapa de

seleção dos genitores para o Sin 0 é de importância fundamental, visto que ela determina o potencial genético da nova população. A decisão sobre quantos e quais genótipos devam ser incluídos fixa ou determina a amplitude da base genética e o grau de endogamia que poderá ser alcançado em gerações sucessivas.

Kehr et al. (1960), utilizando sintéticos de alfafa de base genética estreita, em que o número de genótipos variou de 2 a 6, demonstraram que a produção de forragem diminui após algumas gerações, especialmente do Sin 1 para o Sin 2. Em outro estudo, Kehr et al. (1989) mostraram que a combinação de 100 ou mais clones pode produzir um sintético mais estável em relação àqueles de base estreita. Busbice (1970) desenvolveu uma fórmula que permite predizer o comportamento de sintéticos conforme a sua composição genotípica, considerando o nível de ploidia, o grau de endogamia, o número, a endogamia e a capacidade combinatória dos genitores, relação de parentesco e geração de multiplicação por sementes. Entretanto, o seu emprego torna-se muito restrito, em virtude das dificuldades de se obterem todas as informações necessárias.

Uma alternativa prática para a obtenção de sintéticos superiores é através do emprego de número elevado de genótipos com significativo grau de divergência e complementação alélica. Dessa maneira, podem-se obter populações com base genética ampla, as quais apresentam maiores possibilidades de sucesso para o melhoramento.

O método dos retrocruzamentos deve ser considerado uma ferramenta de uso ocasional. No caso particular de alfafa, este método deve ser usado com muito cuidado para minimizar os efeitos depressivos provocados pela endogamia, sendo indicado apenas para introdução de resistência vertical, isto é, introgressão de genes maiores em variedades susceptíveis (Stanford e Houston, 1954).

O vigor híbrido manifestado pela alfafa tem incentivado o desenvolvimento de híbridos, utilizando-se os benefícios da macho-esterilidade citoplasmática. Busbice et al. (1972) salientam, entretanto, que a polinização entomófila da alfafa complica a hibridação pela preferência das abelhas por certas plantas. Além do mais, a herança tetraplóide da alfafa dificulta o uso de genes nucleares restauradores da fertilidade. Por estas razões, ainda não se produziu um híbrido de alfafa que seja comercial, muito embora ainda se busquem métodos alternativos para maximizar o efeito da heterose nesta cultura.

O melhoramento intrapopulacional utiliza muitas formas diferentes de seleção para melhorar uma gama de características dentro da população. A unidade de seleção pode ser plantas individuais ou famílias

de plantas. Os procedimentos intrapopulacionais têm sido eficientes para caracteres com alta herdabilidade, como aumento de resistência a pragas e doenças. Vários procedimentos são usados em plantas individuais e com freqüentes modificações, como seleção massal, seleção de linhas clonais e testes de progênies. Na seleção de famílias, a diferença para os procedimentos massais é o uso do teste de progênie, com seleção de famílias de meios-irmãos, irmãos-completos, seleção dentro das famílias e combinações de seleção dentro e entre famílias (Paim, 1994).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barnes, D.K., Bingham, E.T., Axtell, J.D. e Davies, W.H. 1972. The flower, sterility mechanisms and pollination control. In: **Alfafa science and technology**. Madison: American Society of Agronomy, p.123-141.
- Bassols, P.A., Paim, N.R. e Jacques, A.U.A. 1979. Estudo comparativo de cultivares de alfafa (*Medicago sativa* L.) introduzidas no Rio Grande do Sul. **Revista Sociedade Brasileira Zootecnia**, 8:16-32.
- Bingham, E.T. 1979. Maximizing heterozygosity in autophyploids. In: LEWIS, W.H. (ed.). **Polyploidy: biological relevance**. p.471-489.
- Boddorff, D. and Ocumpaugh, W.R. 1986. Forage quality of pearl millet x napiergrass hybrids and dwarf napiergrass. **Soil Crop Science Society of Florida**. Proceedings, 45:170-173.
- Bogdan, A.V. 1977. **Tropical pastures and fodder crops**. New York: Longman. 475p.
- Botrel, M.A., Alvim, M.J. e Jacob, M.A.M. 1992. Avaliação de cultivares de alfafa no Estado de Minas Gerais, In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29., Lavras, MG. **Anais... Lavras: SBZ**. p.438.
- Bray, R.A. and Hutton, E.M. 1976. Plant breeding and genetics. Shaw, N.H. and Bryan, W.W. (ed.). **Tropical pasture research - principles and methods**, Brisbane. p.338-353.
- Brunken, J.N. 1977. A systematic study of Pennisetum Sect. Pennisetum (Graminae). **American Journal of Botany**, 64:161-176.
- Busbice, T. H., Hill, R. R. and Carnavan, H. L. 1972. Genetics and breeding procedures. In: Hanson, C. H.. Madison: Ed. Alfafa science and tecnologia. p.283-318.
- Busbice, T.H. 1970. Predicting yield of synthetics varieties. **Crop Science**, 10:265-269.
- Carvalho, L.A. 1985. *Pennisetum purpureum* Schumach: revisão. Coronel Pacheco: EMBRAPA/CNPGL, 86p. (EMBRAPA-CNPGL. Boletim Técnico, 10).
- Carvalho, L.A. e Vilela, D. 1994. Produção artificial de feno de alfafa (*Medicago sativa* L.) e seu uso na alimentação animal. In: CARVALHO, L.A. e VILELA, D. (ed.). **Cultura da alfafa: estabelecimento, fenação, custo de produção e construção de um secador estático**. Coronel Pacheco: EMBRAPA-CNPGL. p.13-20.
- Carvalho, M. M., Mozzer, O. L., SILVA, J. B. e FERREIRA, J. G. 1972. Identificação de variedades e híbridos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 9. Viçosa. **Anais...** p.209-210.
- Carvalho, R.E.S. e AZEVEDO, E.S. 1972. Melhoria na separação eletroforética de proteínas através da substituição do amido importado por amido brasileiro comercial. **Ciência e Cultura**, 28:1507-1508.
- Deresz, F., Cóser, A.C., Martins, C.E., Botrel, M.A., Aroeira, L.J.M., Maldonado, V.H. e Matos, L.L. 1994. Utilização do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) na produção de leite. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE FORRAGEIRAS DE PASTAGEM. Campinas: CBNA. p.183-199.
- Diz, D.A. 1994. **Breeding procedures and seed production management in pearl millet x elephant grass hexaploids hybrids**. Gainesville: University of Florida. 118p. (Tese Doutorado).
- Diz, D. A. and Schank, S. C. 1993. Characterization of seed production pearl millet x elephantgrass hybrids. **Euphytica**. 67:143-149.
- Diz, D.A. and Schank, S.C. 1990. Seed and seedling characterization of pear millet x elephantgrass hexaploid hibrids. **Soil and Crop Science Society of Florida**, 50:69-95.
- Diz, D.A. and Schank, S.C. 1991. Seed and seedling characterization of pearl millet x napiergrass hexaploid hybrids. **Proceedings Soil Crop Science Society Florida**, 50:69-75.
- Evangelista, A.R., Lustosa, E.P. e Reis, S.T. 1993. Avaliação preliminar de 33 cultivares de alfafa (*Medicago sativa*, L.) para o Sul do Estado de Minas Gerais. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 30., Rio de Janeiro, RJ. **Anais... Rio de Janeiro: SBZ**, p. 4.
- Fontes, P.C.P., Vilela, D. e Martins, C.E. 1994. Estabelecimento da cultura de alfafa. In: Carvalho, L.A. e Vilela, D. (ed.). **Cultura da alfafa: estabelecimento, fenação, custo de produção e construção de um secador estático**. Coronel Pacheco: EMBRAPA-CNPGL, p.1-11.
- Geraldi, I. O. 1997. Selección recurrente en el mejoramiento de plantas. In: Guimarães, E. P. **Selección recurrente en arroz**. Cali, p.3-11.
- Gonsales, B. and Hanna, W.W. 1984. Morphological and fertility responses in isogenic triploid and hexaploid pearl millet x elephantgrass hybrids. **Journal of Heredity**, 75:317-318.
- Hanna, W.W. 1994. Elephantgrass improvement. In: SIMPÓSIO SOBRE CAPIM-ELEFANTE, 2., Juiz de Fora. **Anais...Juiz de Fora: EMBRAPA-CNPGL**, p.72 - 81.
- Hanna, W.W. and Monson, W. 1980. Yield, quality and breeding behavior of pearl millet x napiergrass interespecific hybrids. **Agronomy Journal**, 72:358-360.
- Hanna, W.W. and Monson, W.G. 1988. Registration of dwarf tift N75 napiergrass germplasm. **Crop Science**, 28:871-871.
- Hanson, C.H., Busbice, T.H., Hill, Jr., R.R., Hunt, O.J. and Oakes, A.J. 1972. Directed mass selection for developing multiple pest resistance and conserving germoplasm of alfafa. **Journal of Environment Quality**, 1:106-111.
- Hill, J.R., Shenk, J.S. and Barnes, R.F. 1988. Breeding for yield and quality. In: Hanson, A.A., Barnes, D.K. and Hill, R.R. Alfafa and alfafa improvement. Madison: American Society of Agronomy, p.809-825.
- Kativu, S. and Mithen, R. 1987. Pennisetum in Southern Africa. **FAO/IBPGR. Plant Genetics Resources Newsletter**, 73: 1-8.
- Jauhar, P. P.1981. Cytogenetics and breeding of pearl millet and related species. New York: Alan R. Liss. 289p.
- Kerr, W.R., Barnes, D.K., Brown, D.E., Elgin Jr., J.H. and Sotensen, E.L. 1989. Seeds yields from breeder and foundation seed of eight alfafa cultivars. **Crop Science**, 23: 256-258.
- Kerr, W.R., Gaumann, H.O., Low, C.C. and Gardner, C.O. 1960. The performance of alfafa syntetics in the first and advanced generations. Nebraska: Agricultural Experimental Station. (Bulletin, 200).
- Lanyon, L.E. and Griffith, W.K. 1988. Nutrition and fertilization use. In: HANSON, A.A., Barnes, D.K. and Hill, R.R. **Alfafa and alfafa improvement**. Madison: American Society of Agronomy, p. 334-364.

- Leath, K.T., Erwin, C.D. and Griffin, N.D. 1988. Diseases and nematodes. In: Hanson, A.A., Barnes, D.K. and Hill, R.R. *Alfafa and alfafa improvement*. Madison: American Society of Agronomy, p. 622-662.
- Lima Junior, A.C.S. 1992. Perspectivas do uso de pastagens do capim-elefante. In: Peixoto, A.M., Moura, J.C. e Faria, V.P., (ed.). SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS, 10., 1992, Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ, p.295-305.
- Manghitz, G.R. and Ratcliffe, R.H. 1988. Insecto and mites. In: HANSON, A.A., BARNES, D.K. and HILL, R.R. *Alfafa and alfafa improvement*. Madison: American Society of Agronomy, p.671-695.
- Marten, G.C., Buxton, D.R. and Barnes, R.F. 1988. Feeding value (forage quality). In: Hanson, A.A., Barnes, D.K. and Hill, R.R. *Alfafa and alfafa improvement*. Madison: American Society of Agronomy, p.465-484.
- Medeiros, R.Z. e Zambra, J.E. 1987. Rendimento de matéria seca de cultivares de alfafa na região das Missões, RS. In: COTRIJUI. (Resultados de Experimentação e Pesquisa no CTC, p.182-187).
- Melton, B., Mountray, J.B. and Bouton, J.H. 1988. Geografic adaptation and cultivar selection. In: Hanson, A.A., Barnes, D.K., Hill, R.R. *Alfafa and alfafa improvement*. Madison: American Society of Agronomy, p.596-618.
- Michaud, R., Lehman, W.F. and Rumbaugh, M.D. 1988. World distribution and historical development. In: Hanson, A.A., Barnes, D.K. and Hill, R.R., (ed.). *Alfafa and alfafa improvement*. Madison: American Society of Agronomy, p.25-91.
- Minson, D. J. 1990. *Forage in ruminant nutrition*. San Diego, Academic Press. 483p.
- Paim, N.R. 1994. Utilização e melhoramento da alfafa. In: WORKSHOP SOBRE O POTENCIAL FORRAGEIRO DE ALFAFA (Medicago sativa L.) NOS TRÓPICOS. Juiz de Fora: EMBRAPA-CNPGL, p.141-147.
- Paterniani, E. e Miranda Filho, J. B. 1978. Melhoramento de populações. In: Paterniani, E. Ed. *Melhoramento e produção do milho no Brasil*. Piracicaba, p.202-256.
- Pereira, A.V. 1992. Escolha de variedades de capim-elefante. In: Peixoto, A.M., Moura, J.C., Faria, V.P. (ed.). SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 10. Anais... Piracicaba: FEALQ. p.45-62.
- Pereira, A.V., Barra, R.B., Abreu, J.C., Freitas, V. and Souza, J.A.G. 1997. Protogynous interval in elephantgrass (*Pennisetum purpureum* Schum.). INTERNATIONAL GRASSLANDS CONGRESS, 18. Winnipeg. *Proceedings*, 3: 123-126.
- Rajasekaran, K., Schank, S. C. and Vasil, I. K. 1986. Characterization of biomass production, cytology and phenotypes of plants regenerated from embryogenic callus cultures of *Pennisetum americanum* x *P. purpureum* (hybrid triploid napiergrass). *Theoretical and Applied Genetics*, 73:4-10.
- Ramalho, M., Santos, J. B. e Pinto, C. B. 1989. Genética na agropecuária. São Paulo: Editora Globo S. A. 359p.
- Rumbaugh, M. D. and Heichell, G. H. 1985. Breeding to improve alfafa: historical progress and future prospects. In: Forage legumes for energy-efficient animal production. *Proceedings*...Palmerston North, p.290-295.
- Rumbaugh, M.D., Cadel, J.L. and Rowe, D.E. 1988. Breeding and quantitative genetics. In: Hanson, A.A., Barnes, D.K. and Hill, R.R. (eds.). *Alfafa and alfafa improvement*. Madison: American Society of Agronomy, p.777-808.
- Saibro, J.C. 1985. Produção de alfafa no Rio Grande do Sul. In: ANAIS DO SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM. Piracicaba: FEALQ, p.61-106.
- Schank, S.C. 1994. Vegetative and sexual propagation of elephantgrass. In: SIMPÓSIO SOBRE CAPIM-ELEFANTE, 2. Anais...Juiz de Fora, EMBRAPA-CNPGL, p. 57-71.

- Schank, S.C. and Chynoweth, D.P. 1993. The value of triploid, tetraploid and hexaploid napiergrass derivatives as biomass and (or) forage. *Tropical Agriculture*, 70:83-87.
- Sheaffer, C.C., Tanner, C.B. and Kirkham, M.B. 1988. Alfafa water relations and irrigation. In: Hanson, A.A., Barnes, D.K. and Hill, R.R. *Alfafa and alfafa improvement*. Madison: American Society of Agronomy, p. 373-402.
- Sollenberger, L.E., Prine, G.N., Ocumpaugh, W.R., Hanna, W.W., Jones Jr., C.S., Schank, S.C. and Kalmbacher, R.S. 1988. *Mott elephantgrass: a high quality forage for the subtropics and tropics*. (s.p.): Florida Agricultural Experimental Station, 18p. (Circular, 5-356).
- Stapt, O. and Hubbard, C. E. *Pennisetum*. In: PRAIN, D. (ed.). *Flora of Tropical Africa*, 9:954-1070.
- Tcacenco, F. A. e Botrel, M. A. 1994. Identificação e avaliação de acessos de capim-elefante. In: Carvalho, M. N., Alvin, M. J., Xavier, D. F. and Carvalho, L. A. (ed.). Coronel Pacheco, Embrapa-CNPGL, p.1-30.
- Tysdal, H.M. and Crandal, B.H. 1948. The policross progeny performance as an index of the combining ability of alfalfa clones. *Journal of America Society of Agronomy*, 40:193-306.
- Van Keuren, R.W., and Matches, A.G. 1988. Pasture production and utilization. In: Hanson, A.A., Barnes, D.K. and Hill, R.R. *Alfafa and alfafa improvement*. Madison: American Society of Agronomy, p. 515-32.
- Van Soest, P. J. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2 ed., Ithaca, 476p.
- Vilela, D., Cóser, A.C., Pires, M.F.A., Maldonado, H.U., Campos, O.F., Lizieire, R.S., Resende, J.C. and Martins, C.E. 1993. Comparação de um sistema de pastejo rotacionado em alfafa (*Medicago sativa* L.) com um sistema de confinamento para vacas de leite. In: REUNIÓN LATINOAMERICANA DE PRODUCCIÓN ANIMAL, 12., Anais... Santiago do Chile, p.52.
- Wilsie, C.P. 1968. Effect of inbreeding on fertility and vigor of alfafa. *Agronomy Journal*, 50:182-185.
- Xavier, D.F., Daher, R.F., Botrel, M. De A. e Pereira, J.R. 1993. Poder germinativo de sementes de capim-elefante. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 22: 565-571.
- Zimmer, A. H. e Euclides Filho, K. 1997. As pastagens e a pecuária de corte brasileira. In: Gomide, J. A. (ed.). SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE A PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO. Anais... Viçosa, p.347-379.
- Zimmer, A.G., Jacques, A.V.A. e Markus, R. 1982. Consorciações de gramíneas forrageiras de estação quente com alfafa cv. Crioula, submetida a duas alturas de corte. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 17:1349-359.