

MELHORAMENTO GENÉTICO DA MANGA (*Mangifera indica* L.) NO BRASIL

Eng. Agr. Ph.D. Alberto Carlos de Queiroz Pinto – Embrapa Cerrados – DF
e-mail: alcapi@cpac.embrapa.br

1. INTRODUÇÃO

A manga (*Mangifera indica* L.) é uma das principais frutas tropicais produzidas no Brasil. A projeção de demanda dessa fruta para o ano 2000, segundo dados da FAO (FAO Yearbook Production, 1998), foi de aproximadamente 25,1 milhões de toneladas, o que a torna um atraente investimento para o fruticultor. Embora a área cultivada tenha crescido nos últimos anos, a produção não tem acompanhado esse crescimento (Agriannual, 2000).

A base comercial da mangicultura brasileira, no entanto, está alicerçada apenas em algumas poucas cultivares, todas de origem americana e, dentre elas, a ‘Tommy Atkins’ é responsável por cerca de 80% da área plantada (Pinto, 1996; Pinto & Ferreira, 1999). Apesar das várias características agronômicas positivas apresentadas por esta cultivar, como a excelente coloração do fruto, sua relativa resistência a doenças e aceitável vida de prateleira, sua elevada suscetibilidade à malformação floral, o colapso interno da polpa e a má qualidade do fruto quanto ao sabor, têm sido bastante contestadas. Portanto, a grande responsabilidade do melhorista de manga é aumentar a disponibilidade de variedades que reúnam as melhores características agronômicas e comerciais, diminuindo a vulnerabilidade, hoje existente, nessas grandes áreas de cultivos monoclonais, os quais podem ser destruídos totalmente pelo ataque de uma praga ou doença específica sobre essa variedade. Outras cultivares, como a ‘Haden’, a ‘Keitt’, a ‘Kent’, a ‘Van Dyke’ e a ‘Rosa’, também têm sido plantadas, porém, em escala bem menor. Portanto, essa alta predominância de uma única cultivar deixa a cultura com um elevado grau de vulnerabilidade, principalmente em relação ao aparecimento de doenças e pragas de grande poder e destruição. Assim sendo, o melhorista tem, dentre outras atribuições, a grande responsabili-

de mudar esse panorama, aumentando a disponibilidade de cultivares superiores (Pinto & Ferreira, 1999). Para tanto, é fundamental a ampliação da atual base genética existente, por meio, principalmente, da introdução de novos materiais genéticos, da sua utilização apropriada e da aplicação de métodos eficientes de melhoramento, além do emprego das modernas técnicas em biotecnologia, para auxiliar no processo de identificação e seleção de genótipos superiores.

O objetivo deste trabalho é discorrer sobre o melhoramento genético da mangueira, enfocando recursos genéticos e sua utilização, os mecanismos reprodutivos, os principais métodos de melhoramento atualmente em uso, bem como outros métodos de uso potencial e, ainda, os recentes progressos obtidos com a utilização de cada método. Finalmente, aborda-se o emprego de marcadores moleculares, tanto na identificação e caracterização do germoplasma, como no melhoramento genético propriamente dito.

2. A CITOGENÉTICA DA MANGUEIRA

A mangueira é considerada uma espécie alopoliplóide, mais provavelmente um anfidiplóide, ou seja, é um poliplóide constituído por dois complementos somáticos completos de duas espécies diferentes sendo, predominantemente, uma espécie alógama.

A *Mangifera indica* é a espécie de maior estabilidade no número de cromossomos ($2n = 40$), embora Singh (1969) cite a ocorrência de plantas tetraplóides alto número mais alto de cromossomos ($2n = 2x = 80$). A variação existente em mangueira, mesmo entre as enxertadas, é confirmada pelo polimorfismo detectado através de 4 enzimas isolados de tecidos de folhas de mangueira (Gan et al. 1981).

O estudo citogenético proporcionou evidências de que há um grande potencial no melhoramento da manga quando se usam outras espécies do gênero *Mangifera*, visando a obtenção de híbridos interespecíficos de importância agrônômica e comercial (Mukherjee, 1963). A *Mangifera odorata* pode ser usada como porta-enxertos ou como progenitor nos trabalhos de cruzamentos, visando obtenção de híbridos interspecíficos com excelente adaptação a climas muito úmidos que influenciam o ataque de doenças na manga comercial. A *Mangifera caesia*, cultivada no Sudeste da Ásia, produz fora da época normal de colheita da espécie *Mangifera indica* utiliza-

da comercialmente (Bompard, 1993). Com o uso desta espécie, podem-se obter progênies que produzam em épocas, cujos preços sejam mais vantajosos para o produtor.

3. RECURSOS GENÉTICOS

3.1. A Domesticação e Classificação da Espécie

A mangueira é uma planta que foi domesticada há milhares de anos e caracteriza-se por produzir frutos de ótima qualidade, sendo considerada uma das mais importantes espécies frutíferas de clima tropical. Não obstante tenha se originado em locais de clima quente, ela se adapta bem às condições de clima subtropical, principalmente devido à sua boa plasticidade fenotípica, a qual confere ampla facilidade de adaptação aos diferentes ambientes, a manga se dispersou por todos os continentes, sendo cultivada atualmente em todos os países de clima tropical e subtropical.

Mukherjee (1985), seguindo a classificação proposta por Vavilov (1950) para os centros de origem das plantas cultivadas, relata que a mangueira é originária do segundo grande centro, o Indiano e do subcentro Indo-Malaio. Essas regiões distintas deram origem às duas raças de manga: a raça indiana, originária no centro Indo-Burma Tailandês, que produz frutos de boa aparência externa, cuja casca é bem colorida, variando de rosa a vermelho intenso e sementes monoembriônicas; a raça filipínica ou indochinesa, originária no centro Filipinico Celeste Timor, a qual produz fruto de formato alongado, com casca verde-amarelada quando maduro e sementes poliembriônicas.

A mangueira pertence à família Anacardiaceae, na qual além de *Mangifera*, são encontrados outros gêneros importantes, tais como *Anacardium*, *Pistachio* e *Spondias*. No gênero *Mangifera*, Mukherjee (1985) descreve 39 espécies, enquanto Bompard (1993) relata a existência de 69 espécies e as classifica em dois subgêneros com diversas seções, baseados em caracteres morfológicos. Dentre essas espécies, a *Mangifera indica* é a mais importante, muito embora existam outras espécies que produzam frutos comestíveis, como *M. altissima*, *M. caesia*, *M. lagenifera*, *M. macrocarpa*, *M. odorata* e *M. sylvatica*.

3.2. A Distribuição Fitogeográfica, Raças e Espécies

Com relação à distribuição fitogeográfica, a ocorrência do maior número de espécies encontra-se na Península Malaia, com cerca de 20 espécies, notadamente nas florestas de terras baixas. Já as formas selvagens de *M. indica*, que são bastante próximas dos tipos cultivados, ocorrem com maior frequência em Burma, Nordeste da Índia e Andamans, locais para onde devem ser direcionadas expedições de coleta de germoplasma. Dentre as espécies de *Mangifera*, a *M. indica* e *M. foetida* são as mais dispersas, ocorrendo respectivamente, em 100% e 67% das regiões que constituem os centros de diversidade descritos acima (Singh, 1982; Mukherjee, 1985).

Eiadthong et al. (1999) identificaram 13 espécies de *Mangifera* que ocorrem na Tailândia, dentre as quais, a *M. indica*, endêmica no país e uma das principais culturas da Tailândia e a *M. foetida*, conhecida localmente como “horse mango”, cultura relativamente importante no Sul da Tailândia. A *M. sylvatica* e a *M. odorata* são cultivadas apenas em pequena escala e em quintais. As outras nove espécies não são cultivadas.

A ocorrência das duas raças de *M. indica*, a indiana e a filipínica, tem proporcionado, através de cruzamentos naturais ou artificiais, a obtenção de híbridos inter e intraraciais, que deram origem a centenas de variedades, com características bastante diversificadas. A biologia floral, aliada ao caráter heterozigótico da planta, conduz a uma ampla diversidade de formas de copa, ramos, folhas, flores e principalmente de formas, colorações e qualidades dos frutos. Isto podia ser observado nos pomares oriundos de material propagado por sementes (notadamente aquelas monoembriônicas), que predominavam no Brasil, há cerca de 2 a 3 décadas.

Da Ásia, a manga se dispersou por vários países, não obstante haver uma grande limitação com relação à longevidade das sementes (altamente recalcitrantes), aliada ao tempo de duração das viagens, na época em que ocorreu a dispersão da espécie. Mukherjee (1985) relata que a distribuição da mangueira concentra-se entre os trópicos de Câncer e Capricórnio, nas latitudes de 20° Norte a 20° Sul, atingindo atualmente, quase 100 países.

A manga foi introduzida na América, provavelmente pelos portugueses no Brasil, no século XVI. Logo em seguida, foi introduzida no México

pelos espanhóis. As primeiras introduções no Brasil, no entanto, referiam-se as variedades da raça filipínica, que geralmente produzem frutos com polpa fibrosa e de baixa qualidade e com semente poliembriônica, com pequena variação genética. Isso fez com que a cultura da manga ficasse limitada a pequenos pomares, sem muita expressão, especificamente para atender ao mercado interno de maneira bem regionalizada, por quase três séculos.

Na metade deste século, no entanto, foram realizadas introduções de variedades melhoradas da raça indiana, procedentes da Florida/USA, portadoras de melhor qualidade, com sementes monoembriônicas, que induzem grande variabilidade quando plantadas de pé franco. Este fato modificou sensivelmente a indústria mangícola nacional, dando um novo alento à cultura, pois essas variedades americanas, que produzem frutos com pouca fibra, bem coloridos e mais resistentes à antracnose, são mais comercializáveis, permitindo inicialmente ampliar o excelente mercado interno e, mais recentemente permitindo conquistar o mercado externo, notadamente dos Estados Unidos e Japão. A cultivar Haden foi introduzida no Brasil em 1931, mas só a partir da década de 60 foi plantada comercialmente. Apresenta uma série de limitações, principalmente com relação à sua suscetibilidade à seca da mangueira e à alternância de produção. Em 1970 foi introduzida a ‘Tommy Atkins’, junto com muitas outras variedades, que foram testadas e algumas recomendadas para as condições brasileiras. Com o aumento da demanda interna e o interesse crescente pelas exportações a partir de 1980, a ‘Tommy Atkins’ se mostrou bastante adequada, principalmente devido a sua maior tolerância à antracnose. A partir disso, juntamente com a ‘Keitt’ tem sido as variedades mais plantadas no país (Piza Jr., 1989; Donadio, 1996).

3.3. Coleções e Bancos Ativos de Germoplasma

Existe um grande acervo de germoplasma de manga, catalogado nas diversas coleções mundiais (Tabela 1). São quase 6 mil acessos, incluindo as repetições, dos quais aproximadamente 83% estão disponíveis para intercâmbio (Bettencourt *et al.*, 1992). A maior coleção encontra-se no Instituto de Pesquisa Hortícola da Índia - IIHR, em Bangalore, com 1100 acessos.

No Brasil existem 6 bancos e/ou coleções de germoplasma de manga. As principais coleções de manga no Brasil são as seguintes: Embrapa/CPATSA em Petrolina-PE com 105 acessos, IAC/EET/EEP em Piracicaba-SP com 100 acessos, Embrapa/CPAC em Planaltina-DF com 72 acessos, UNESP/FACVJ em Jaboticabal-SP com 60 acessos, US/ESALQ em Tietê e Pindorama ambas em SP com 53 acessos e UFV em Viçosa-MG com 17 acessos. Ao todo são conservados 208 acessos distintos. Porém, incluindo as duplicatas são 437 acessos, portanto mais de 50% são repetições entre as diversas coleções catalogadas. Desse total, 105 acessos estão em apenas uma coleção, 44 acessos estão em duas coleções, 28 acessos são catalogados em três coleções, 19 acessos estão presentes em quatro coleções, oito acessos aparecem em cinco coleções e oito acessos aparecem em todas as coleções (Ferreira & Pinto, 1998), perfazendo um total de mais de 400 acessos, incluindo obviamente as duplicatas existentes entre as diversas coleções.

Todas as coleções são mantidas no campo, com cerca de 3 a 5 plantas por acesso, na forma clonal e geralmente enxertadas sobre os porta-enxertos ‘Espada’, ‘Coquinho’ ou ‘Rosinha’, sendo conservadas a longo prazo para os trabalhos de caracterização e avaliação. Devem-se buscar outras formas de conservação, pois a conservação a campo além de onerosa e trabalhosa é vulnerável, sujeita aos problemas de ordem biótica e abiótica. Como a semente da manga é recalcitrante, com longevidade bastante curta, uma forma eficiente de conservação de germoplasma pode ser a criopreservação.

O banco ativo de germoplasma – BAG de manga, amparado por projeto de pesquisa no programa 2 do Sistema Embrapa de Planejamento – SEP, Conservação e Uso de Recursos Genéticos, localiza-se na Embrapa Semi-Árido, e está implantado no Campo Experimental de Mandacaru, no município de Juazeiro - BA. Neste BAG, além da manutenção do germoplasma no campo, são realizados trabalhos de caracterização e avaliação, notadamente parâmetros de produção e características dos frutos. Na medida do possível, procura-se seguir a metodologia preconizada pelo IBPGR (1989).

Tabela 1- Principais coleções de germoplasma de manga existentes no mundo.

País	Instituição	<i>M. indica</i>	<i>Mangifera sp</i>	Avaliação	Disponibilidade
Austrália	DPI	63	-	Parcial	Disponível
Bangladesh	BARI	107	-	Em desenv.	Parcial
Brasil *	Várias	407	-	Em desenv.	Disponível
Chile	INIA	3	-	Não	Disponível
Colômbia	Corpoica	59	1	Em desenv.	Disponível
Costa Rica	Várias	51	-0000	-	-
Costa Marfin	IRFA	50	-	-	Disponível
Cuba	DICF	350	-	Parcial	Disponível
Equador	INIAP	4	-	-	-
Fiji	Várias	143	-	Em desenv.	Disponível
Gualupe	CIRAD	31	1	-	Disponível
Reunião	IRFA	50	-	-	-
Gabão	CIMEV	25	-	-	-
Índia	IIHR	1100	6	Em desenv.	Disponível
Indonésia	Várias	292	9	Em desenv.	Disponível
Jamaica	RDD/MA	63	-	Parcial	Disponível
Kenia	NGK	37	-	-	-
Madagascar	DAGAP	36	-	Parcial	Disponível
Malawi	BARS	32	-	Parcial	Disponível
Malásia	MARDI	111	-	Em desenv.	Disponível
México	Várias	143	-	Em desenv.	Disponível
Moçambique	INIA	119	-	-	-
Nicarágua	Várias	54	-	Em desenv.	Disponível
Nigéria	NHRI	47	-	Em desenv.	Disponível
Nova Guiné	DPI	4	-	Não	Disponível
Peru	Várias	81	-	Parcial	Disponível
Filipinas	UPLB	343	9	Parcial	Disponível
Portugal	DP/NARS	100	-	Parcial	Disponível
África do Sul	CSFRI	117	-	Em desenv.	Disponível
Espanha	ICCRAT	59	-	-	-
Sudão	HRS	30	-	Parcial	Disponível
Taiwan	TARI	176	-	Parcial	Disponível
Tanzânia	TPRI	10	-	-	-
Tailândia	Várias	294	34	Parcial	Disponível
USA	Várias	461	4	Parcial	Disponível
Venezuela	FONAIAP	140	-	Em desenv.	Disponível
Vietnã	ITFC	3	-	-	-

FONTE: Bettencourt *et al*, 1992. * Dados atualizados pelos autores.

As demais coleções de germoplasma de manga são coleções de trabalho ou apresentam interesse didático. A coleção da Embrapa Cerrados sustenta um programa de melhoramento genético por meio da hibridação intervarietal. A coleção da UNESP/FCAVJ se presta tanto ao melhoramento, com a seleção de materiais oriundos de polinização aberta, como para atividades didáticas. O material mantido na coleção da Embrapa Mandioca e Fruticultura têm sido utilizado para alimentar o BAG da Embrapa Semi Árido e para seleção de material para propagação. A coleção do IAC tem sido usada para seleção de material, principalmente para utilização como porta-enxerto, visando resistência/tolerância à seca da mangueira. A pequena coleção mantida na UFV tem interesse didático.

Além das coleções citadas, existem outras coleções menores, que geralmente apresentam materiais duplicados, ou seja, já representados nessas coleções catalogadas, que têm interesse regional ou local. A coleção da extinta Empresa de Pesquisa Agropecuária do Ceará-EPACE, por exemplo, apresenta 34 acessos, dos quais 85% são repetições das demais coleções, apenas cinco acessos são distintos e devem ser remanejados para o BAG da Embrapa Semi Árido. Aliás, trabalho semelhante deve ser feito nas demais coleções, reunindo todos os acessos distintos, numa grande coleção no BAG. Portanto, deve-se programar uma atividade de curto e/ou médio prazos, para duplicar o número de acessos do BAG da Embrapa Semi Árido, que atualmente conta com pouco mais de 100 acessos e passaria para mais de 200. Para viabilizar essa atividade, propõe-se dinamizar o manejo do BAG, principalmente no que se refere ao adensamento das plantas. Pode-se estudar uma redução de 50% ou até mesmo 25%, do espaçamento utilizado atualmente. Além disso, deve-se enfatizar a problemática da identificação do material, indo desde a simples troca da etiqueta, quando da incorporação de um acesso ao banco de germoplasma, até os problemas de denominações regionais de variedades, com nomes duplicados para o mesmo acesso ou nomes iguais para acessos diferentes.

À semelhança do que ocorre a nível internacional, as coleções brasileiras necessitam de enriquecimento da variabilidade genética. Esse enriquecimento pode se dar, principalmente através de coleta e/ou introdução de germoplasma. Não obstante a mangueira ser uma espécie exótica, existem muitos tipos regionais de manga, geralmente propagadas via sementes, em pomares caseiros que devem ser coletados e incorporados aos bancos

de germoplasma. Já a introdução de germoplasma do exterior deve ser um processo contínuo, visando ampliar a variabilidade genética disponível.

3.4. Potencial e Uso dos Recursos Genéticos e seus Problemas

Há uim grande potencial quanto ao uso dos recursos genéticos da manga mas, a grande maioria desse germoplasma, ou seja 90%, a nível internacional, refere-se à espécie *Mangifera indica* (Pinto & Ferreira, 1999). Porém, existem muitas outras espécies de *Mangifera* com características genéticas importantes, que ocorrem nas florestas tropicais do Sudeste Asiático, que estão sofrendo erosão genética pela forte ação antrópica. Esse material deve ser explorado do ponto de vista de coleta de germoplasma e colocado à disposição dos melhoristas, além de ser mantido nos bancos de germoplasma. A seguir são descritas as principais espécies de *Mangifera*, de acordo com Mukherjee (1985), com algumas características importantes para uso como recurso genético:

M. altissima – Os frutos medem de 5 a 8 cm de comprimento e a polpa é quase livre de fibras. É usada nas Filipinas para pickles

M. caesia - Esta espécie apresenta frutos de 18 a 19 cm de comprimento, com polpa de cor branca, rica em suco ácido, de boa fragrância e pouca fibra, porém com grande variação entre os diferentes tipos, sendo alguns mais doces do que outros. Há variações que apresentam sementes totalmente livres, soltas da polpa.

M. cochinchinensis – Os frutos desta espécie são bem pequenos, medindo em torno de 3 cm de comprimento, com pouca polpa, porem de fino aroma.

M. decandra, *M. gedebe*, *M. inoarpoides*, *M. griffithii* e *M. quadrifida* – Estas espécies apresentam plantas que se desenvolvem bem em áreas encharcadas, podendo ser testadas como porta-enxerto para plantios em brejos ou em solos de difícil drenagem.

M. foetida - Os frutos medem de 8 a 10 cm de comprimento, com pouca polpa com cerca de 2 cm de espessura e muita fibra. Esses frutos quando maduros, são muito consumidos pelos Malaaios, pois a polpa é doce, embora o flavor não seja muito agradável.

M. indica var. *mekongensis* – As plantas produzem flores e frutos na mesma época, florescendo e frutificando duas vezes ao ano, o que pos-

sibilita seu uso na obtenção de material genético com elevada regularidade e produtividade.

M. langenifera – Os frutos desta espécie medem em torno de 10 a 12 cm, com polpa de coloração creme, com 2 cm de espessura, de sabor medíocre.

M. macrocarpa - Apresenta frutos grandes oblongos e globosos, com polpa amarela amargo-doce e não são muito saborosos.

M. odorata – Os frutos medem em torno de 10 cm de comprimento, com distinto sabor quando maduro. A polpa é doce, mas tem muita fibra.

M. pajang - Os frutos são grandes, com 15 a 17 cm de comprimento, têm casca fina e solta e podem ser descascados como banana. Esse material pode ser interessante para cruzamentos, na obtenção de variedades com esta característica de casca solta, com excelente qualidade comercial. A polpa é amarelo-clara, doce e ácida.

M. pentandra – As plantas desta espécie produzem frutos esféricos de bom sabor.

M. zeylanica – Os frutos medem em torno de 6 cm de comprimento aproximadamente e apresentam o mesmo tamanho e a mesma forma dos frutos de *M. indica*.

Não obstante ser um acervo respeitável, o germoplasma de manga carece de dados de caracterização e avaliação. A grande maioria desse patrimônio genético não está devidamente caracterizada, embora alguns dados de avaliação dos principais acessos estejam disponíveis nos programas de melhoramento da cultura. Esta é uma das principais razões da baixa utilização do germoplasma existente.

Bompard (1993) descreve diversas espécies silvestres com enorme potencial para uso no melhoramento. A *M. laurina* é uma espécie muito próxima da raça indiana e com grande adaptação a climas úmido, permitindo uma resistência apreciável ao ataque de antracnose.. Em Borneo, as duas novas espécies *M. rufocostata* e *M. swintonioides* têm em comum uma excelente peculiaridade de produzirem completamente fora de estação.

Um dos grandes problemas na maioria das coleções e/ou referem-se às introduções feitas de maneira errônea quando da própria coleta do propágulo na troca e perda da etiqueta do material genético introduzido. Os

próprios curadores ou responsáveis pela coleção não são melhoristas ou não têm conhecimento suficiente sobre manga, resultando em “lançamento” de novos nomes para uma variedade já existente ou mesmo, com a publicação de nomes de variedades totalmente errados. Este tipo de problema ocorreu com o lançamento da variedade ‘Surpresa’ (‘Duncan’, ‘Alphonso’ ou ‘Saigon’?) e com Informações Técnicas sobre manga, mostrando fotos erradas das variedades Van Dyke e Keitt. Isto poderia ter sido evitado, se a aferição e descrição tivessem sido feitas pelo melhorista introdutor da mesma, descrevendo suas características obtidas junto à Instituição de origem.

Em uma segunda introdução, vale a descrição usada na primeira pelo melhorista e/ou pelo introdutor responsável, pois, à medida que novas etapas intermediárias de introdução ocorrem, os enganos e problemas ligados aos nomes das variedades aumentam grandemente. A nomenclatura da manga tem sido complicada em decorrência da imensa sinonímia em termos de variedades entre países e até mesmo de uma região para outra no mesmo país. A variedade Filipina parece ser um clone da ‘Carabao’, ‘Manila’ ou ‘Cecil’, enquanto a ‘Davis-Haden’ é uma mutação da ‘Haden’. No Brasil, a variedade ‘Jasmim’ e Coité, em Fortaleza-CE são, morfologicamente, a mesma ‘Bacuri’, em Mossoró-RN, e ‘Fafá’ em Belém-PA, respectivamente.

4. O MECANISMO DE REPRODUÇÃO

Para se iniciar um estudo de melhoramento de qualquer a fruteira, há necessidade de se conhecer a biologia floral e o mecanismo de reprodução da planta. Tipo de inflorescência e de flor existente, número e proporção de flores, suas características morfológicas, período de abertura (antese), a polinização e os fatores responsáveis pela sua ocorrência natural, como vento e insetos são alguns dos fatores mais importantes no estudo do mecanismo de reprodução.

4.1. A Biologia Floral e os Fatores Ambientais

A mangueira possui inflorescência tipo panícula de forma cônica a piramidal que se desenvolve, sob condições normais, de gemas terminais de ramos maduros entre 6 e 9 meses de idade, nos quais encontram-se flores perfeitas e masculinas. O número de panículas por planta varia de 600 a

6000 e as flores por panícula variam de 200 a 4000. As flores iniciam a antese antes mesmo que as panículas atinjam o total comprimento e a maior concentração na abertura das flores ocorre entre 9 e 11 horas embora ocorra uma certa variação, dependendo das condições climáticas da região. A receptividade do estigma dura cerca de 72 horas após a antese, embora esteja receptivo antes da antese (Mukherjee, 1985). O número de pólen por antera varia de 271 a 648, havendo variação entre variedades.

A biologia floral da mangueira é totalmente adaptada para polinização a ser feita por trips e vários tipos de moscas. Embora muitos insetos visitem as flores de mangueira, aqueles pertencentes à ordem díptera (moscas) têm a mais alta frequência (51,6%), vindo a ordem lepidóptera (33%) como a segunda de maior frequência (Jison & Hedstron, 1985).

Além da luminosidade, a temperatura é outro fator ambiental de grande influência na expressão sexual em mangueira. Baixas temperaturas durante o desenvolvimento da inflorescência contribuem para a redução no número de flores perfeitas na panícula. As panículas que emergem na metade e no final da estação de florescimento possuem duas a sete vezes mais flores hermafroditas que aquelas que emergem no início (Singh et al., 1966). Temperaturas abaixo de 16 °C e/ou acima de 34 °C podem inibir a germinação do tubo polínico, resultando na não fertilização.

Algumas cultivares monoembriônicas como a Haden não vingam nenhum fruto quando as condições ambientais, principalmente temperaturas acima de 35 °C, inibem o desenvolvimento do embrião zigótico ou causam sua degeneração, ocorrendo a queda de flores perfeitas e de frutinhas (Mukherjee, 1953; Sturrock, 1968). Este fenômeno não acontece com cultivares poliembriônicas, uma vez que embriões nucelares desenvolvem-se naturalmente favorecendo o vingamento de frutos.

4.2. A Expressão Sexual

A relação sexual em mangueira é a proporção entre flores hermafroditas e estaminadas, sendo bastante variável dentro da panícula, da planta e entre cultivares. A variedade Edward em condições de Cerrados chega a alcançar uma proporção superior a 75% de flores masculinas, sendo bem superior a 'Tommy Atkins' com 52-62% de flores masculinas, considerando tanto a posição da flor na raquis quanto a posição da panícula

na planta (Pinto *et al.*, 1987). Resultado superior foi obtido nas mesmas condições dos Cerrados na cultivar Mallika, a qual apresentou uma média de 82,5% de flores estaminadas nas três porções basal, média e apical na panícula, enquanto a ‘Amrapali’ apresentou 65,8% desse tipo de flor. Em ambas as variedades, a concentração de flores hermafroditas aumentou da base para a porção apical da panícula, variando de 8,4% para 28,7% na ‘Mallika’ e de 30,1% para 43,6% na ‘Amrapali’.

Além de fatores ambientais, várias condicionantes fisiológicas estão envolvidas na expressão e na relação sexual entre flores estaminadas e hermafroditas. A observação de que variedades de mangueira adaptadas a climas tropicais geralmente têm rendimento baixo quando exploradas em climas subtropicais, deve-se possivelmente devido à baixa proporção de flores hermafroditas (Singh *et al.*, 1965). Esta hipótese de que a maior proporção de flores hermafroditas na panícula da mangueira esteja correlacionada com um maior vingamento e produtividade da planta é bastante controversa e pouca aceita. Alguns estudos têm demonstrado que uma maior relação entre flores perfeitas e estaminadas não influencia uma maior produtividade, se a proporção de flores hermafroditas for inferior a 4% (Singh, 1964).

4.3. A Polinização e a Incompatibilidade

A polinização em mangueira, principalmente aquelas monoembrionicas, é considerada um fator limitante, já que o grande número de flores não corresponde ao muito pequeno número de frutos vingados. As plantas poliembriônicas produzem embriões nucelares não sendo, necessariamente, obrigadas à polinização para ocorrer a fecundação e vingamento de frutos.

A ocorrência de incompatibilidade é evidenciada com a degeneração dos tecidos embriônicos e nucelares e excessiva queda e perda de frutinhos. A auto-incompatibilidade parcial ou completa em mangueira tem sido citada por vários autores (Sharma & Singh, 1970; Ram *et al.* 1976, Pinto *et al.*, 2002). A auto-incompatibilidade foi claramente evidenciada na cultivar ‘Dashehari’ (Singh *et al.* 1962). Estudos embriológicos têm mostrado que, embora a fertilização resultante do cruzamento entre pais incompatíveis ocorra logo após a polinização, a degeneração do endosperma verifica-se 15 dias depois, o que demonstra ser a auto-incompatibilidade do tipo

esporofítica (Mukherjee et al., 1968).

Testes sobre a habilidade de combinação e compatibilidade em auto-cruzamentos e cruzamentos recíprocos foram realizados nos Cerrados brasileiros, usando-se três variedades de mangueira: Mallika, Amrapali e Tommy Atkins. A variedade Mallika demonstrou uma elevada auto-incompatibilidade (96%), enquanto a ‘Amrapali’ demonstrou uma excelente capacidade de combinação com as outras variedades (Pinto et al., 2002). A Tommy Atkins apresentou aceitável compatibilidade com a Amrapali porém, muito baixa capacidade de combinação (< 5%) com a cultivar Mallika, demonstrando que existe incompatibilidade no cruzamento entre variedades de mangueira.

4.4. O Vingamento e a Retenção de Frutos

O fenômeno do baixo vingamento de frutos é muito comum em mangueira, uma vez que, no máximo, 35% do total de flores da mangueira são polinizadas, resultando em cerca de 0,01% o número de frutos no stand final (Singh, 1954). Vários fatores são responsáveis pelo baixo vingamento de frutos como, o grande número de flores perfeitas que não são polinizadas e o alto número de flores masculinas na panícula. Além do pequeno número de pólen por antera que é um fator genético (variedade), os fatores nutricional (deficiência de B) e ambiental, como a temperatura abaixo de 16°C, também afetam a produção e a viabilidade do pólen, causando um baixo vingamento de frutos (Sharma & Singh, 1970).

A abscisão de flores e frutos de mangueira ocorre ao acaso em qualquer posição da panícula, embora um maior número de frutos se estabeleça ou ocorra o vingamento na porção terminal da panícula. No período de cruzamentos intervarietais de mangueiras, cultivadas sob regime de sequeiro nos Cerrados do Brasil Central, a umidade relativa do ar é muito baixa (< 30%) e provoca uma grande queda dos frutinhos vingados. O maior percentual de queda (67%) ocorre dentro de uma semana após a fecundação, quando os frutos atingem o tamanho “cabeça-de-alfinete”. Ao alcançarem o tamanho “bola-de-gude”, a queda declina para uma média de 22% dos frutos vingados inicialmente e, praticamente, param de cair quando atingem o tamanho “bola-de-bilhar” com percentual de queda inferior a 1%. Duas pulverizações semanais com água fria sobre as panículas, cujas flores foram recém utilizadas nos cruzamentos, contribuíram com o aumen-

to médio de 1,5% para 6,4% .no vingamento de frutos, com isso aumentando a população de progênes híbridas.

O uso de reguladores de crescimento como o ácido naftaleno acético (ANA), aplicado no estágio pré-antese e na dose de 40 a 50 ppm, tem contribuído para o aumento de 300 a 400% no vingamento e retenção de frutinhas de manga (Ram, 1983).

4.5. A Embrionia e a Estenospermocarpia

A mangueira é classificada em dois grupos de acordo com o modo de reprodução das sementes: o grupo monoembriônico e o grupo majoritariamente poliembriônico. As mangas monoembriônicas têm somente um embrião zigótico sendo, provavelmente, de origem híbrida, portanto, diferentes da planta-mãe. As sementes de mangas majoritariamente poliembriônicas podem conter um ou mais embriões e um dos quais pode ser, mas nem sempre, zigótico. Os embriões nucelares, também denominados de embriões adventícios, formam plantas similares à planta-mãe, sendo recomendados para o uso como porta-enxertos, devido à possibilidade de se estabelecer um pomar de aceitável uniformidade.

O caráter de poliembrionia é manifestado pela ação de um ou mais genes recessivos, portanto, o cruzamento de mangas monoembriônicas com poliembriônicas resulta em progênes monoembriônicas (Leroy, 1947, citado por Iyer & Degani, 1997; Sturrock, 1968). Trabalhos de cruzamento controlado entre variedades mono e poliembriônicas estão sendo realizados pela Embrapa Cerrados, visando checar esse tipo de herança quanto ao caráter poliembrionia.

Na prática, o viveirista comumente elimina a (s) plântula (s) mais raquítica (s) quanto ao diâmetro do caule e à altura, considerando-a (s) como material zigótico, e enxerta a mais vigorosa que é considerada, empiricamente, como sendo de origem nucelar. Esta relação não é totalmente verdadeira pois, uma semente poliembriônica com 5 embriões, a competição entre os 4 embriões nucelares pela reserva nutricional da nucela/cotilédone é muito grande. Portanto, é possível que a plântula de origem zigótica manifeste um vigor similar ou superior àquele da plântula nucelar mais vigorosa. Além do mais, o fenômeno do policaulismo (Figura 1) pode interferir na decisão do viveirista quanto à escolha pelo vigor, uma vez que o

material emergente (plântula) é monoembriônico (zigótico), porém, com inúmeros caules emergidos sob a camada de solo que cobre a amêndoa que, à primeira vista, parecem ser plântulas de origem nucelar (semente poliembriônica). Nas condições dos Cerrados brasileiros, a embriônia em variedades e híbridos de cruzamentos controlados foi estudada e a ‘Edward’, ‘Tommy Atkins’, ‘Extrema’, ‘Okrong’, ‘Amrapali’ e ‘Mallika’ mostraram ser monoembriônicas porém, com grau de policaulismo que variou entre 30 a 90% das sementes. O policaulismo manifestou-se também em 41% das progênes monoembriônicas resultantes de cruzamentos controlados.

A manga não apresenta com frequência o fenômeno de partenocarpia como muitos acreditam e sim, a estenospermocarpia. Na partenocarpia, não há fecundação e a formação do fruto origina-se de um óvulo não fecundado, resultando em manga completamente sem semente. Na estenospermocarpia, ocorre uma falha ou aborto do embrião sem que houvesse falha na fecundação (Ram et al., 1976). A estenospermocarpia é cultivar dependente e geralmente ocorre devido à mudança de temperatura, durante os primeiros dias após o vingamento do fruto. Existem controvérsias na literatura quanto à causa da estenospermocarpia ser devido à temperatura baixa (Lakshminarayana & Aguilar, 1975; Whiley, 1988) ou à temperatura alta (Davenport & Núñez Elisea, 1997), durante o vingamento dos frutos. Nas condições do Nordeste e Centro Oeste brasileiro, o fenômeno ocorre com mais frequência entre maio e julho, quando a temperatura atinge os menores valores (< 15 °C), principalmente durante o período noturno. O fruto estenospermocárpico apresenta-se de pequeno tamanho e de forma irregular. A cultivar Haden produz frutos estenospermocárpico com grande frequência, os quais são vendidos no mercado varejista por preços vantajosos com a denominação de “mini-Haden”.

5. OBJETIVOS DO MELHORAMENTO

Contrariamente ao que ocorria no passado, quando o melhorista formulava os objetivos de seu programa de melhoramento e os conduzia, normalmente, sem considerar o mercado, nos dias atuais, este mercado e a necessidade de competitividade no mesmo são os fatores que ditam o quê e como deve ser desenvolvido o produto final do melhoramento. Isto se aplica não somente à manga, mas também à maioria das espécies de valor econô-

mico. No caso específico da manga, muitos dos objetivos do melhoramento, tanto no Brasil como em outros países, não são muito diferentes (Iyer & Degani, 1997; Lavi *et al.*, 1996; Pinto, 1996, 1999; Pinto & Ferreira, 1999).

As cultivares desenvolvidas em programas de melhoramento precisam atender aos três principais segmentos de uma cadeia produtiva: produtores, distribuidores e consumidores. Os produtores anseiam por cultivares que apresentem maior produtividade e estabilidade de produção, sejam de fácil manejo nos tratos culturais e adaptadas às condições climáticas adversas da região para onde foi desenvolvida. Os distribuidores desejam cultivares que resistam ao manuseio e ao transporte e, finalmente, os consumidores exigem manga de melhor qualidade. Portanto, novas cultivares somente serão aceitas se apresentarem, para os diversos segmentos da cadeia produtiva, alguma(s) vantagem (ns) em relação às já existentes no mercado.

Em geral, ao idealizar um programa de melhoramento de manga, o melhorista deve ter em mente aquelas características básicas para a nova cultivar, que seja comercialmente bem sucedida e atenda os três segmentos da cadeia acima descritos. Assim, características como plantas de porte baixo; produção precoce e regular, alta produtividade, resistente às principais pragas e doenças; frutos com tamanho padrão requerido pelo mercado, de coloração atrativa, de boas qualidades organolépticas (sabor, odor, textura) livres de desordens fisiológicas, longa vida de prateleira (“shelf-life”) e resistência ao transporte, além de outras características pós-colheita, são necessárias e obrigatórias na maioria dos programas de melhoramento (Singh, 1978; Iyer, 1991; Lavi *et al.*, 1996; Tomer *et al.*, 1996; Cilliers *et al.*, 1996; Iyer & Dinesh, 1996; Pinto, 1996, 1999; Iyer & Degani, 1997; Pinto & Ferreira, 1999). Com relação ao melhoramento de material para porta-enxerto, as principais características requeridas são: poliembrionia; porte anão; tolerância às condições adversas do solo; resistência a doenças e boa compatibilidade com a variedade copa. Obviamente, combinar todas essas características em uma única cultivar é muito difícil, embora todas sejam fundamentais para a manter a competitividade e o sucesso comercial dessa cultivar.

Para que as chances do melhorista aumentem na difícil tarefa de desenvolver uma cultivar com todas as características desejáveis, será necessário que ele tenha à sua disposição: variabilidade genética, conhecimentos sobre a biologia floral, modo de reprodução, níveis e comportamento

cromossômico do germoplasma disponível, da herdabilidade dos caracteres perseguidos, correlação entre caracteres. A decisão do melhorista quanto ao trabalho a longo ou médio prazo depende do estágio em que se encontra quanto ao seu conhecimento e disponibilidade de recursos materiais e humanos. Portanto, o objetivo pode passar por fases mais longas se não existem cultivares comerciais já adaptadas e de alto valor comercial. Neste caso a introdução, avaliação e seleção são fases muito importantes e obrigatórias, embora sejam dinâmicas e aceitas em qualquer fase do melhoramento. Se já existem cultivares comerciais de alto valor em uso, o que se busca é corrigir algumas deficiências já identificadas sem perder os atributos positivos já existentes. Neste caso, realiza-se o melhoramento genético no sentido específico.

6. PRINCIPAIS MÉTODOS E ESTRATÉGIAS PARA O MELHORAMENTO

No melhoramento da mangueira pode-se dispor de vários métodos, procedimentos e estratégias os quais podem ser usados isoladamente ou em conjunto, complementando uns aos outros possibilitando uma maior eficiência nos trabalhos. A seguir serão descritos e discutidos métodos e estratégias que estão sendo usados ou com potencial de uso no melhoramento da mangueira.

6.1. A Introdução, Avaliação e Seleção de Cultivares (Progenitores)

A importância da introdução de cultivares no melhoramento genético é bem conhecida (Fehr, 1987) e, no caso da manga, tem sido bem documentada, especialmente, em relação ao desenvolvimento de novos cultivares na Flórida (Iyer & Dinesh, 1996; Bompard & Schnell, 1997). O grande número de genótipos de origens diversas introduzidos com subsequente melhoramento e adaptação levou a Flórida a se constituir em um importante centro secundário de diversidade da mangueira, habilitando aquele estado americano a dar uma contribuição única à indústria de frutas (Knight & Schnell, 1994). Ressalta-se, contudo, que experiências recentes têm mostrado que precauções precisam ser tomadas quando se vai introduzir uma cultivar de uma região para outra e, especialmente, de um país para outro, em função

da possibilidade real da introdução conjunta de patógenos que podem constituir-se em problemas sérios para a cultura (Iyer & Dinesh, 1996). Portanto, é importante que o melhorista tenha consciência desse risco e não tente “ganhar tempo” em seu programa e burlar a legislação brasileira, a qual determina que todo e qualquer material introduzido de outro país tem que passar por um período de quarentena na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, com o objetivo de evitar a entrada de doenças e/ou pragas ainda não existentes no país.

A introdução é um método bastante antigo e ainda continua sendo praticado até hoje como fonte para enriquecimento da variabilidade genética (Fehr, 1987; Borém, 1997; Mukherjee, 1985; Bompard & Schnell, 1997; Mukherjee, 1997). Porém, como método de melhoramento para a obtenção de novas cultivares é muito limitado. A metodologia consiste basicamente em se introduzir materiais genéticos diversos (cultivares, seleções avançadas), que são diretamente avaliados e aqueles que demonstram melhor adaptação às condições da região alvo e apresentam as características desejadas pelo mercado, são lançados como novas cultivares (Poehlman & Sleper, 1995; Borém, 1997). O lançamento ou recomendação de introduções de plantas como novas cultivares ocorre, principalmente, em áreas onde a espécie ou a cultura está sendo introduzida (Fehr, 1987).

Na mangueira, a introdução tem sido bastante utilizada, não propriamente como método de melhoramento e sim, para a formação de coleções de trabalho para o estabelecimento de programas de melhoramento (Donadio, 1996; Mukherjee, 1985, 1997; Bompard & Schnell, 1997; Iyer & Degani, 1997; Pinto, 1996; Pinto & Ferreira, 1999). No Brasil, no entanto, é provável que muitas das cultivares brasileiras, como por exemplo, ‘Espada’, ‘Imperial’, ‘Rosa’, ‘Surpresa’ (Donadio, 1996) e outras, tenham sido originadas através desse procedimento.

6.2. Melhoramento da População

Uma das vantagens do melhoramento da mangueira é a facilidade com que indivíduos superiores avaliados e selecionados na própria coleção de trabalho podem ser clonados e multiplicados por meio da enxertia (Cilliers *et al.*, 1996; Tomer *et al.*, 1996; Iyer & Dinesh, 1996; Iyer & Degani, 1997). Os indivíduos selecionados poderão formar uma coleção elite ou “core

collection”, cujo objetivo maior é aumentar a frequência de genes favoráveis, melhorando a população que servirá de base para os futuros cruzamentos. Esse método é muito importante tanto para a mangueira, como para qualquer outra frutífera que se reproduza por alogamia, embora seja pouco empregado.

Para o sucesso no melhoramento de populações, é fundamental a existência de uma aceitável variabilidade genética na população original ou coleção elite (Fehr, 1987; Falconer, 1989; Borém, 1997). Outros fatores, como método e intensidade de seleção a serem utilizados, precisam de avaliações, interpretação apropriada dos efeitos ambientais, interação genótipo x local e genótipo x ano, identificação de efeitos pleiotrópicos e de correlações genóticas e fenóticas entre caracteres (Falconer, 1989), também afetam a eficiência do melhoramento de populações e devem ser observados.

6.3. Método da Seleção Recorrente

É também conhecido na literatura por seleção de plantas individuais a partir de populações de polinização aberta ou seleção massal baseada em um só sexo. Esse método tem sido o mais intensamente utilizado, pela sua facilidade, simplicidade e baixo custo operacional, embora não figure entre os mais recomendados em termos de eficiência (Cilliers *et al.*, 1996; Tomer *et al.*, 1996; Iyer & Dinesh, 1996; Iyer & Degani, 1997; Mukherjee, 1997). Para características de alta herdabilidade, este procedimento é tão eficiente quanto qualquer outro (Hansche, 1983; Falconer, 1989). Contudo, sua eficiência em discriminar indivíduos superiores diminui à medida em que a herdabilidade dos caracteres é reduzida, tornando-se bastante ineficiente para baixos valores de herdabilidade (Dudley & Moll, 1969; Hansche, 1983; Falconer, 1989).

Em sua versão mais simples, esse método consiste basicamente em se selecionarem plantas em áreas de produção ou não, coletar frutos e avaliar as progênies resultantes de polinização aberta. Portanto, neste procedimento, a cultivar resultante tem apenas um dos progenitores conhecido. Na sua versão aperfeiçoada, os progenitores da população melhorada são cuidadosamente selecionados e, desses, um número relativamente elevado de indivíduos é plantado e avaliado, sendo a seleção relativamente simples e

fácil de ser realizada (Cilliers, *et al.*, 1996). No entanto, esses autores relatam que o progresso genético desse método é lento devido: (1) ao grande número de características de qualidade de frutos e produção envolvidas; (2) ao pouco conhecimento da herdabilidade das principais características de importância econômica e das correlações genéticas entre elas; e (3) ao longo período de juvenilidade.

Assumindo como verdadeiros os pressupostos da genética quantitativa, de que em uma população alógama e em equilíbrio de Hardy-Weinberg, o pólen de qualquer indivíduo tem a mesma probabilidade de fecundar o óvulo de qualquer outro indivíduo (Falconer, 1989), pode-se afirmar que qualquer planta de manga originada de semente tomada ao acaso seja um híbrido. Assim, as progênies originadas de sementes a partir de populações de polinização aberta são consideradas todas híbridas meias-irmãs, sendo apenas o progenitor feminino conhecido (Fehr, 1987; Falconer, 1989; Borém, 1997, Pinto, 1999). Conseqüentemente, a eficiência deste método, em termos de ganho genético ao final de um ciclo de seleção, é bem menor que o de cruzamentos controlados (Hansche, 1983; Falconer, 1989; Bruckner, 1999). Contudo, como a propagação vegetativa permite a perpetuação de qualquer genótipo, superior, híbrido ou não, tão logo este seja identificado, essa menor eficiência é em parte compensada pela simplicidade e pelo menor custo, especialmente de mão-de-obra, desse método (Hansche, 1983; Poehlman & Sleper, 1995; Iyer & Degani, 1997; Mukherjee, 1997; Bruckner, 1999).

A eliminação precoce de genótipos indesejáveis é uma estratégia cada vez mais utilizada para aumentar a eficiência da seleção, uma vez que a mangueira, pela facilidade da reprodução assexuada, é uma espécie apropriada ao manuseio da seleção recorrente, também denominada de seleção fenotípica individual (Cilliers *et al.*, 1996). Também a seleção precoce de genótipos desejáveis pode tornar esse método mais eficiente, sendo a biotecnologia uma importante ferramenta de auxílio.

A quase totalidade das mais de mil cultivares existentes atualmente na Índia e todas as cultivares desenvolvidas na Flórida foram criadas/desenvolvidas através deste procedimento (Iyer & Degani, 1997; Mukherjee, 1997). A cultivar Haden, por exemplo, lançada na Flórida, em 1910, originou-se de uma planta de sementes da cultivar Mulgoba. A planta selecionada tinha frutos de coloração vermelha altamente atrativa e apresentava pro-

atividade superior à de seu progenitor (Campbell & Campbell, 1993). A 'Haden', por sua vez, também através de polinização aberta, deu origem às seguintes cultivares: 'Eldon', 'Glenn', 'Lippens', 'Osteen', 'Parvin', 'Smith', 'Springfels', 'Tommy Atkins' e 'Zill' (Mukherjee, 1997). Na África do Sul, as cultivares Heidi, Neldica, Cerise e Neldawn também foram originadas por meio desse método (Cilliers *et al.*, 1996). O mesmo ocorreu no Brasil, com as cultivares Amarelinha, Ametista, Augusta, Brasil, Itamarati, Oliveira Neto e Pavão, dentre outras (Donadio, 1996), e as cultivares IAC 104 Dura, IAC 109 Votupa, IAC 105 Palmera e IAC 103 Espada Vermelha, todas desenvolvidas pelo IAC. As cultivares IAC 104 Dura (poliembriônica) e IAC 109 Votupa (monoembriônica) originaram-se da 'Tommy Atkins'; a 'IAC 105 Palmera' (poliembriônica) da 'Palmer' e a 'IAC 103 Espada Vermelha' (também poliembriônica), da 'Carabao' (Rosseto *et al.*, 1996, 1997).

Mesmo depois da elaboração de programas mais bem planejados e fundamentados, a seleção a partir de populações de polinização aberta ainda continua sendo o método predominante na maioria dos países que trabalham com manga (Mathew & Dhandar, 1996; Cilliers *et al.*, 1996; Iyer & Dinesh, 1996; Rosseto *et al.*, 1996, 1997). De acordo com Iyer & Dinesh (1996), com exceção de umas poucas cultivares resultantes de programas de melhoramento por hibridação planejada, a grande maioria tem sido resultado de seleção individual de plantas originadas de polinização aberta.

No entanto, resultados na obtenção de híbridos superiores não sujeitos à sorte (aleatoriedade), devem-se ao cruzamento controlado, embora possa ser aprimorado com o aperfeiçoamento dos cruzamentos abertos. Apesar do baixo custo do método, a seleção simples de sementes de plantas instaladas em coleções de cultivares, sem nenhum controle parental ou uso de marcadores moleculares, pode apresentar baixa eficiência genética e resultados inseguros da progênie híbrida. Algumas vezes, as sementes são pouco controladas, portanto, nem a planta-pai nem a planta-mãe são conhecidas.

Cilliers *et al.* (1996) descreveram algumas estratégias que têm sido adotadas em muitos programas que utilizam a seleção fenotípica individual, visando aumentar a sua eficiência. A primeira é o estabelecimento de pomares para a produção de progênies de polinização aberta para avaliação e seleção. A segunda é a eliminação, nesses pomares fontes, de cultivares com características indesejáveis em termos de tamanho, coloração e sabor

de frutos e a inclusão de novos genótipos, visando sempre melhorar a qualidade média do pólen que irá originar as progênes de meio-irmãos para avaliação e seleção. E, finalmente, a terceira é a seleção, a multiplicação vegetativa e a avaliação de progênes superiores a partir desses pomares fontes em diferentes condições ambientais. Esse processo de seleção pode originar, diretamente, novas cultivares ou progênes superiores para o estabelecimento de novos pomares fontes para produção de progênes superiores. Exemplos desses tipos de estratégias são encontrados em Israel, onde o pomar fonte é constituído de 55 genótipos, sendo 35 cultivares e 20 seleções avançadas (Tomer *et al.*, 1996), e na África do Sul, onde o pomar fonte de progênes conta também com 55 cultivares selecionadas previamente (chamadas “plêiades”) e de onde 100 progênes de cada cultivar são originadas anualmente (Cilliers *et al.*, 1996). Cultivares como Heidi, Néldica, Joa e Chené, além de seleções promissoras, foram originadas desse programa.

6.4. Teste de Progênie

O teste de progênie torna a seleção mais eficiente em comparação com aquela realizada com base somente na performance do próprio indivíduo, como no caso da seleção massal ou fenotípica, pelo fato de a avaliação ser feita sobre dois indivíduos: o progenitor e suas progênes. Portanto, a seleção individual com teste de progênie parece ser, aparentemente, o método ideal de seleção de indivíduos superiores porque, além da avaliação no próprio indivíduo, o valor genotípico médio desse indivíduo pode ser diretamente medido na sua progênie (Falconer, 1989).

Na prática, contudo, esse método apresenta a desvantagem de aumentar o tempo da geração de seleção, especialmente, em se tratando de espécies perenes, já que um indivíduo não pode ser selecionado até que sua progênie seja avaliada (Hansche, 1983; Falconer, 1989). Geralmente, a seleção inicial dos progenitores baseia-se na performance fenotípica dos mesmos, porém, a decisão posterior de manter ou eliminar um determinado progenitor no programa de melhoramento depende da habilidade desse progenitor em produzir progênes superiores (Whiley *et al.*, 1993; Souza, 1998).

No caso específico do melhoramento da mangueira, o teste de progênie tem sido empregado de alguma forma no programa de melhoramento da

Embrapa Cerrados, especialmente antes e após à hibridação intervarietal. Porém, assim como no caso de outras fruteiras perenes, a seleção daqueles progenitores que irão ser usados em novos cruzamentos é feita levando-se em consideração a capacidade desses progenitores em originar progênes superiores. Um exemplo prático disso está no programa de melhoramento da Austrália, onde as cultivares Kensington e Sensation têm se mostrado excelentes parentais nesse aspecto (Whiley *et al.*, 1993).

A seleção individual seguida do teste de progênie, conforme é preconizada, pode, pelo menos em teoria, ser aplicada sem maiores problemas no melhoramento da manga. A natureza alógama dessa espécie, associada à possibilidade de obtenção de muitos descendentes por geração, é favorável à sua implementação, embora o tempo requerido para que se tenha um ciclo de seleção completo seja um fator limitante e determinante na introdução de variantes para a viabilização da metodologia. Associado a isto, a facilidade com que uma planta pode ser propagada vegetativamente, permitindo que os melhores indivíduos, uma vez identificados, sejam multiplicados em qualquer etapa do programa de melhoramento, faz com que os procedimentos de seleção adotados para a espécie sejam apenas adaptações das metodologias conhecidas.

Ainda no caso específico da manga, a recombinação ou o intercruzamento entre os indivíduos selecionados deve ser anual, com a vantagem de a seleção poder ser realizada em ambos os sexos, bastando para isso eliminar os indivíduos indesejáveis antes do florescimento, na segunda frutificação. Outra vantagem é a disponibilidade, anualmente, de sementes recombinadas para o início de novos ciclos de seleção, uma vez que a população de indivíduos selecionados pode ser mantida no campo por um longo período (Mathew & Dhandar, 1996; Cilliers *et al.*, 1996; Iyer & Dinesh, 1996).

6.5. Método da Hibridação

A hibridação é o processo pelo qual as características de interesse econômico são combinadas ou transferidas para as variedades cultivadas ou entre elas, servindo, também, para ampliar a base genética dentro de determinada espécie (Fehr, 1987; Poehlman & Sleper, 1995; Borém, 1997; Bruckner, 1999). Posterior ao processo de hibridação, a seleção e a clonagem

(propagação vegetativa) das melhores combinações, seguidas de avaliação clonal, podem resultar em novas cultivares de forma bastante rápida.

Em fruteiras, uma das limitações deste procedimento, quando comparado às espécies anuais propagadas sexualmente, são o número de combinações híbridas que podem ser avaliadas, a inadequação da maioria das metodologias de predição do valor genético dos parentais (Hansche, 1983; Souza, 1998), o número limitado de indivíduos que podem ser avaliados por ciclo, a baixa previsibilidade dos resultados dos cruzamentos devido à alta heterozigosidade dos progenitores, além do tempo requerido para se completar um ciclo de seleção e do espaço físico requerido (Hansche, 1983; Cilliers *et al.*, 1996; Iyer & Dinesh, 1996; Tomer *et al.*, 1996; Bruckner, 1999).

Na mangueira, além das dificuldades supramencionadas e da ocorrência de poliembrionia em muitas cultivares, os trabalhos de emasculação, polinização manual e cuidados pós-polinização, que são requeridos para o sucesso da hibridação, são também bastante tediosos e de baixa eficiência em termos de pegamento de frutos (Pinto & Sharma, 1993; Pinto & Byrne, 1993; Cilliers *et al.*, 1996; Iyer & Dinesh, 1996; Tomer *et al.*, 1996; Pinto, 1996, 1999; Pinto & Ferreira, 1999). Contudo, estudos têm sido realizados visando simplificar esses procedimentos e aumentar sua eficiência (Iyer & Dinesh, 1996).

Singh *et al.* (1980) comentam que não há necessidade de se proteger as panículas após a polinização, pois a germinação do pólen e a fertilização são rápidas e com isso, os riscos de contaminação por pólen estranho praticamente não existem. A cobertura do estigma com uma cápsula gelatinosa logo após a polinização é um procedimento simples e efetivo para evitar a contaminação por pólen estranho (Iyer & Dinesh, 1996). Outras alternativas são o plantio intercalado dos progenitores que se deseja cruzar (Whiley *et al.*, 1993) e o isolamento, através de telado, de plantas de cultivares estabelecidas lado a lado ou enxertando diferentes cultivares em uma mesma árvore (Pinto & Sharma, 1993; Pinto & Byrne, 1993; Cilliers *et al.*, 1996; Tomer *et al.*, 1996; Pinto, 1996, 1999; Pinto & Ferreira, 1999). Nesse último procedimento, é importante usar plantas com porte reduzido (Pinto, 1994b) e colocar no telado, moscas ou abelhas para funcionarem como agentes polinizadores. Apesar dessas dificuldades, a Índia tem lançado excelentes variedades híbridas como Mallika e Amrapali (Sharma *et al.*, 1972),

Bangalora, Ratna e Rumani (Salvi & Gunjate, 1988; Ramaswamy, 1988) com hábito anão de crescimento e a Bhadauran (Prasad et al. 1965,) resistente à malformação, desenvolvidas em programas de melhoramento por meio de hibridação intervarietal, a maioria usando o método de polinização controlada.

Iyer & Dinesh (1996) relatam que o conhecimento das diferenças entre cultivares, em relação à receptividade do estigma, é essencial para a escolha adequada dos progenitores femininos em um programa de melhoramento, envolvendo hibridação. Informam também que ambos, horário de polinização e progenitor feminino, são fatores fundamentais de sucesso nas polinizações, embora a interação entre eles tenha maior efeito. Em 'Tommy Atkins', 'Sensation' e 'Kent', resultados mostraram que maiores taxas de sucesso em polinizações manuais foram obtidas pela manhã, enquanto em 'Isis' e 'Keitt' essa maior eficiência ocorreu pela tarde (Robbertse *et al.*, citados por Iyer & Dinesh, 1996).

Em um programa de melhoramento por hibridação em manga, normalmente, as progênies híbridas são submetidas, basicamente, a duas fases de seleção (Iyer & Dinesh, 1996; Lavi *et al.*, 1996; Tomer *et al.*, 1996): a fase inicial e a fase secundária.

Na fase inicial de seleção ou primária, as progênies são selecionadas com base nas seguintes características: (1) porte da planta ou nanismo; (2) precocidade de produção; (3) tamanho e forma de fruto; (4) coloração da casca; (5) qualidades física e química do fruto; (6) ocorrência de distúrbios fisiológicos nos frutos; (7) suscetibilidade a pragas e doenças; (8) vida pós-colheita; e (9) época de colheita. Nesse estágio, normalmente, características como produtividade potencial e características da de copa da planta não são consideradas, e a seleção é realizada apenas no local de origem do programa.

Na segunda fase da seleção ou seleção secundária, as plantas selecionadas são utilizadas como copa e testadas contra cultivares padrões, de modo que, além das características acima mencionadas, também são consideradas outras características importantes, como produtividade, estrutura de copa e regularidade da produção. Nessa fase, a seleção deve ser realizada em diversos locais e, de preferência, abrangendo todas as regiões alvo da nova cultivar que se pretende desenvolver (Iyer & Dinesh, 1996; Tomer *et al.*, 1996).

A despeito das dificuldades encontradas para levar a efeito um programa de melhoramento por hibridação através de cruzamentos controlados, significativos progressos têm sido alcançados nos últimos anos (Iyer & Dinesh, 1996). Em Israel, os resultados contemplam 24 seleções avançadas identificadas, sendo duas delas já lançadas como novas cultivares (Lavi *et al.*, 1996; Tomer *et al.*, 1996); na Índia, muitas cultivares híbridas, desenvolvidas através de programas de hibridação controlada, têm sido lançadas e, gradativamente, têm ganho espaço entre os produtores (Gunjante & Burondkar, 1993; Iyer & Dinesh, 1996); e na Austrália, o cruzamento 'Sensation' x 'Kensington' tem resultado em algumas seleções altamente promissoras, especialmente em termos de qualidade de fruto e coloração da casca (Whiley *et al.*, 1993).

6.7. Seleção Clonal

É um procedimento usado normalmente quando se aplica o método de hibridação intervarietal. Em sua forma mais simples, consiste do cruzamento de parentais heterozigotos seguido da seleção, clonagem e avaliação de plantas de interesse, na geração F_1 (Fehr, 1987). A formação dos clones já a partir dos híbridos F_1 é o mais recomendado, embora possa ser repetida ou efetuada também em gerações subseqüentes. Com a elevada heterozigose existente em mangueira, mas cruzamentos intervarietais, a geração F_1 é semelhante a uma F_2 .

Em plantas de propagação assexuada, a seleção clonal é, normalmente, empregada como parte dos demais procedimentos, especialmente na introdução de plantas e no melhoramento por hibridação. O pressuposto básico para que se obtenha sucesso quando se emprega essa metodologia é a presença de indivíduos superiores para a obtenção de clones (Fehr, 1987; Pehlman & Sleper, 1995).

Nesse procedimento como definido acima, a intensidade de seleção deve ser branda no início das avaliações, à exceção de quando se tratar de características de alta herdabilidade, e somente quando o número de indivíduos for elevado o suficiente para minimizar o efeito da variância ambiental, a seleção deve ser intensificada. Contudo, a obtenção de resultados confiáveis somente é assegurada quando a seleção for baseada em avaliações feitas em vários locais e anos. A ocorrência de variações outras que não as devi-

das às causas ambientais pode ser atribuída a fatores diversos, como efeitos de mutação (Poehlman & Sleper, 1995). A seleção clonal também pode ser considerada como a seleção intra-clonal, ou seja, seleção dentro de uma cultivar propagada assexuadamente (Fehr, 1987; Poehlman & Sleper, 1995; Iyer & Dinesh, 1996), como ocorre com a maioria das fruteiras perenes.

A seleção clonal tem produzido resultados valiosos em manga e, portanto, parece ser válida especialmente em países onde certas cultivares estão em cultivo por longos períodos (Iyer & Dinesh, 1996). Mutações somáticas acumuladas ao longo dos anos são preservadas através da propagação vegetativa, oferecendo oportunidade para seleção de clones dentro da cultivar. Naik (1948) relatou a existência de variação intraclonal para várias características de frutos de manga, e desde então, muitos outros estudos foram realizados sobre o assunto (Singh & Chadha, citados por Iyer & Dinesh, 1996; Singh *et al.*, 1985; Singh, citado por Iyer & Dinesh, 1996). Em um estudo de 13 anos envolvendo diferentes clones originados da cultivar Dashehari, Singh & Chadha, citados por Iyer & Dinesh (1996), observaram que um deles foi marcadamente superior aos demais em relação à regularidade da produção, produtividade e resistência à malformação. Por sua vez, Singh *et al.* (1985) conseguiram isolar, com base na produtividade e qualidade de frutos, dois clones da cultivar Langra, que se mostraram bem superiores à cultivar de origem, em relação a essas características. Mayers *et al.*, citados por Iyer & Dinesh (1996) e Whiley *et al.* (1993) relataram que seleções promissoras dentro da cultivar Kensington têm sido identificadas na Austrália.

Na seleção clonal, a avaliação dos novos clones deve seguir os mesmos procedimentos dos demais métodos, cujos experimentos devem ser repetidos em diferentes ambientes, onde os novos materiais gerados são comparados entre si e com cultivares comerciais padrões (Fehr, 1987; Poehlman & Sleper, 1995; Falconer, 1989; Iyer & Dinesh, 1996; Borém, 1997), visando confirmar a superioridade destes. Outro aspecto importante e que pode contribuir, significativamente, para o sucesso do procedimento é a utilização de marcadores isoenzimáticos e/ou moleculares, para detectar se de fato os novos clones diferem geneticamente da cultivar ou cultivares que lhes deram origem (Iyer & Dinesh, 1996).

6.8. Policruzamento e Seleção entre Populações de Meios-Irmãos

Este método consiste no inter cruzamento natural entre todos os genótipos selecionados e plantados em determinada área. Utiliza-se, para tanto, um campo isolado para evitar contaminações indesejáveis e arranjam-se os genótipos nesse campo, de tal forma a possibilitar todos os cruzamento entre eles (Fehr, 1987; Borém & Cavassim, 1999). A grande vantagem desse procedimento é que com o inter cruzamento entre todos os parentais, aumentam-se as chances de se obterem novas combinações híbridas superiores.

Este método foi desenvolvido visando o melhoramento de espécies alogamas, principalmente aquelas com flores hermafroditas pequenas, pela dificuldade de se efetuar cruzamento artificial (Bravo *et al.*, 1981), como é o caso da mangueira. No caso da mangueira existem as seguintes: (1) permite a obtenção de ganhos de seleção similares aos obtidos em cruzamentos biparentais, apesar da possibilidade de ocorrência de autofecundação (Fehr, 1987); (2) necessita de menos mão-de-obra especializada, como no caso de hibridação controlada; e (3) permite a utilização de um maior número de parentais, o que aumenta as possibilidades de ampliação da base genética do germoplasma.

Em um campo para policruzamento, devem-se considerar os seguintes pontos:

- 1) Seleção dos parentais, a qual é feita com base nas características de interesse e nos objetivos do programa de melhoramento, deve levar em consideração a época de floração. Se parentais incluídos do policruzamento apresentarem diferentes épocas de florescimento, a eficiência dos cruzamentos é reduzida (Borém & Cavassim, 1999);
- 2) Formação do campo de policruzamento, de tal forma que a chance de um dado parental aparecer lado a lado de todos os demais parentais seja maximizada. Para se conseguir isso, o ideal é que o número de vezes em que um determinado parental aparece no campo seja igual ao número total de parentais (Stuber, 1980; Barros *et al.*, 1993), pois nesse caso, cada parental terá a oportunidade real de polinizar e de ser polinizado por todos os demais parentais. Por exemplo, se 25 parentais são selecionados para formar um campo de policruzamento, então o número total de plantas nesse campo será de 625 e cada parental contribuirá com 25

plantas, todas originadas de propagação vegetativa. Normalmente, utilizam-se, para se fazer esse arranjo delineamentos experimentais, sendo o de blocos ao acaso e o quadrado latino, os mais indicados (Fehr, 1987; Borém & Cavassim, 1999);

- 3) Obtenção e avaliação das progênes policruzadas. Nesse ponto, duas possibilidades são possíveis: na primeira, considera-se o número de progênes igual ao número total de plantas no campo e na segunda, o número de progênes é igual ao de parentais. Nesse último caso, cada progênie é formada por uma mistura de sementes das plantas de cada parental (Stuber, 1980). É fácil de se observar que a primeira opção aumenta o número de plantas a serem avaliadas e, conseqüentemente, aumenta também a precisão experimental; e
- 4) Seleção fenotípica individual no campo de progênes policruzadas, seguida de avaliação clonal, conforme descrita no item 6.4.

A clonagem em qualquer etapa do melhoramento, conforme já abordado, possibilita que a viabilidade nas progênes policruzadas seja aumentada em relação aos genótipos iniciais e, assim, a probabilidade de que combinações genéticas favoráveis surjam, também é aumentada.

Na literatura, a única referência encontrada sobre a aplicação desse método no melhoramento da mangueira é dada por Pinto & Ferreira (1999). Eles relataram que este método está sendo adotado no novo programa de melhoramento da manga da Embrapa Cerrados. Nesse programa, os parentais estão arranajados no campo, seguindo o delineamento experimental quadrado latino, no qual cada parental aparece uma única vez em todas as linhas e colunas.

Considerando a baixa eficiência dos cruzamentos biparentais controlados na manga, em termos de pegamento de frutos, utilização de mão-de-obra especializada e, também, pela limitação de progenitores que podem ser manejados no programa, o policruzamento parece ser um procedimento que tem muito a contribuir para impulsionar o melhoramento dessa espécie, apesar de ainda não se dispor de dados que mostrem a performance desse método na espécie em referência.

7. MELHORAMENTO PARA RESISTÊNCIA A PRAGAS E MOLÉSTIAS

O trabalho de melhoramento contra pragas e moléstias em mangueira é composto por dois programas distintos: (1) melhoramento para obtenção de porta-enxertos poliembrionicos resistentes a *Ceratocystis fimbriata* e (2) melhoramento de copas contra pragas e moléstias.

7.1. Melhoramento para porta-enxertos resistentes

Este programa de melhoramento tem por objetivo obter variedades poliembrionicas de mangueira com características favoráveis para porta-enxerto e que sejam resistentes ao fungo *Ceratocystis fimbriata* causador da doença denominada seca-da-mangueira. Existem dois tipos dessa doença com sintomatologias típicas e distintas: a seca-das-raízes e a seca-da-copa. A seca-das-raízes é causada pela infecção do sistema radicular pelo *Ceratocystis fimbriata* e passa despercebida de início. No estágio avançado a doença começa a inibir a brotação da árvore, provoca murchamento e queda das folhas e termina por causar a morte completa da árvore em alguns meses. Nessas condições, se o tronco da árvore próximo ao solo for descascado com um facão, percebe-se que exhibe uma coloração marrom típica de tecido infectado pelo fungo, contrastando com a coloração amarela dos tecidos sadios em regiões mais altas da árvore. Em diversas regiões do Brasil onde ocorre essa doença, o uso de porta-enxertos resistentes é fundamental para dar sustentabilidade à mangicultura, sendo até o momento, o único método de controle recomendado para a seca-das-raízes.

7.2. Variabilidade da Resistência para *Ceratocystis fimbriata* nas Raízes

A condição essencial para se fazer melhoramento é a ocorrência de variabilidade genética. A ocorrência de variabilidade nas raízes de porta-enxertos de mangueira foi estudada através da inoculação do fungo *Ceratocystis fimbriata* no solo de plantas envasadas, em condições de casa-de-vegetação (Ribeiro et al., 1986b; Ribeiro, 1993; Ribeiro et al., 1995). Inicialmente, foi constatado que a variedade Ubá, que no Estado de São Paulo é denominada Jasmin, era totalmente resistente ao fungo inoculado direta-

mente na planta ou quando inoculado através da rega do solo das mudas envasadas com a cultura do fungo dissolvida em água (Ribeiro et al., 1986b). Foi, todavia, descoberta na Estação Experimental de Ribeirão Preto uma árvore de pé franco da variedade Ubá (Jasmin), morrendo com infecção de *C. fimbriata* nas raízes. O biótipo de *C. fimbriata* isolado dessa árvore provou ser patogênico à variedade Ubá (Jasmin) (Ribeiro et al., 1986a).

A partir dessa constatação, os testes de resistência de porta-enxertos passaram a ser feitos com dois biótipos do fungo, IAC FITO 334-1 que é patogênico à Haden e a outras variedades suscetíveis e não é patogênico à Ubá (Jasmin) e IAC FITO 4905 patogênico à Haden e também a Ubá (Jasmin). O Quadro 1 apresenta um sumário extraído de Ribeiro, 1993 e Ribeiro et al., 1995, mostrando a grande variabilidade entre variedades de mangueira para resistência a dois biótipos de *C. fimbriata* nas raízes.

7.3. Melhoria de Porta-Enxertos para Resistência a *C. fimbriata*.

Em face da existência de grande variabilidade de resistência em raízes de porta-enxertos de mangueira em relação ao fungo *C. fimbriata*, foi desenvolvida uma metodologia de melhoramento.

O primeiro método é de introdução e seleção de variedades resistentes. A Tabela 2. mostra que as variedades Carabao (Manila), Pico e Manga D'água são resistentes aos dois biótipos conhecidos do fungo *C. fimbriata*. Destas, a variedade Carabao (Manila) demonstrou ser um excelente porta-enxerto para mangueira. As árvores apresentam regularidade de produção e produzem grande número de frutos (500 a 800 frutos por árvore com 10 anos) pequenos (250 a 300 g). As sementes podem ser retiradas do interior do endocarpo com muita facilidade e germinam muito bem. As plantas jovens apresentam um bom desenvolvimento e a enxertia apresenta alto índice de pegamento. A experimentação de campo conduzida em São Paulo indica boa produtividade das copas enxertadas em Carabao (Manila) (Rossetto et al., 1998) considerado o principal porta-enxerto utilizado no México (Gálan Saúco, 1999). Os frutos desse porta-enxerto tem polpa sem fibra, de excelente qualidade, indicados para consumo *in natura* ou fabricação de compota ou suco. Apesar deessas virtudes, o porta-enxerto 'Carabao' ('Manila') apresenta uma limitação para utilização na principal região produtora de mudas do Estado de São Paulo, Limeira. Tem o

caule com espessura mais fina a 50 cm de altura, onde normalmente é feita a enxertia na região de Limeira. Nessa região, o porta-enxerto mais utilizado é Rosinha, um excelente porta-enxerto, mas suscetível ao fungo.

Tabela 2 - Porcentagem de mortalidade de plantas envasadas em estufa, de variedades de mangueiras poliembrionicas, com inoculação de dois biótipos de *Ceratocystis fimbriata* através da rega do solo com a cultura de fungo dissolvida em água. (Modificado de Ribeiro, 1993 e Ribeiro et al., 1995)

Variedades	Biótipos			
	IAC FITO 4905 (Patogênico a UBÁ)		IAC FITO 334-1 (Não patogênico a UBÁ)	
Amarelinha	25	Suscetível	12,5	Resistente
Ametista	75	Suscetível	100	Alta suscetibilidade
Bocado	80	Suscetível	20	Resistente
Bourbon	100	Alta suscetibilidade	90	Alta suscetibilidade
Brasil	40	Suscetível	80	Suscetível
Carabao	20	Resistente	0	Alta resistência
Castro	40	Suscetível	30	Suscetível
Cecília Carvalho	70	Suscetível	90	Alta suscetibilidade
Coquinho	100	Alta suscetibilidade	100	Alta suscetibilidade
Coração-de-boi	50	Suscetível	0	Alta resistência
Espada	100	Alta suscetibilidade	10	Resistente
Florigon	20	Resistente	100	Alta suscetibilidade
J. Alemão	90	Alta suscetibilidade	50	Suscetível
Jasmin (Ubá)	60	Suscetível	0	Alta resistência
Maçã	80	Suscetível	80	Suscetível
Manga D'agua	10	Resistente	0	Alta resistência
Maracanã	100	Alta suscetibilidade	100	Alta suscetibilidade
Mato Dentro	90	Alta suscetibilidade	60	Suscetível
Modesta	60	Suscetível	20	Resistente
Oliveira Neto	62,5	Suscetível	37,5	Suscetível
Ourinho	37,5	Suscetível	12,5	Resistente
Pavão	20	Resistente	60	Suscetível
Pele-de-moça	100	Alta suscetibilidade	90	Alta suscetibilidade
Pico	10	Resistente	0	Alta resistência
Pingo-de-ouro	90	Alta suscetibilidade	80	Suscetível
Vitória	40	Suscetível	0	Alta resistência

0 = alta resistência, 10-20 = resistente, 25-80 = suscetível, 90-100 = alta suscetibilidade

Nesse tipo demonstrado na Tabela 5.9.1., a chance de escape é praticamente nula, visto que as plantas são inoculadas repetidas vezes até estabilização da mortalidade.

O segundo método de melhoramento de porta-enxerto é a seleção para resistência dentro da variedade poliembrionica. A Tabela 5.9.2. mostra que a mortalidade provocada pela inoculação de *C. fimbriata* no solo, em geral, é menor que 100%, ocorrendo, portanto na grande maioria dos casos, plantas sobreviventes.

Normalmente, as plantas sobreviventes são resistentes ao fungo utilizado na inoculação. Podem ser plantas segregantes, mas podem também ser pequenas variações da variedade poliembrionica original. As plantas sobreviventes devem ser plantadas no campo até produzirem os frutos. Estes serão plantados em vasos (sacos plásticos) e testados para resistência da forma já descrita. Assim, foram obtidos os porta-enxertos resistentes IAC 101, IAC 102 Touro e IAC 106 Jasmin. O IAC 101 foi erroneamente denominado de Coquinho. Trata-se na verdade de IAC 101 Ourinho. Nenhum desses 3 porta-enxertos foi aceito pelos viveiristas de Limeira, SP, pela dificuldade que apresentam para retirada da semente do interior do endocarpo. No momento, um programa de seleção para resistência dentro da variedade Rosinha, utilizada como porta-enxerto em Limeira, SP, está em andamento, plantado-se 1 mil sementes todo ano e fazendo-se inoculação direta de *C. fimbriata* nas plantas quando atingem 150 cm de altura. Dentro de alguns anos, espera-se ter um porta-enxerto Rosinha resistente ao fungo e com todas as características exigidas pelos viveiristas de Limeira, SP.

7.4. Melhoramento para Copas Resistentes

Este programa tem por objetivo obter cultivares que combinem alta produtividade e qualidade dos frutos com resistência à mosca-das-frutas, antracnose, oídio, mal-formação e seca-da-mangueira. É sem dúvida, um objetivo difícil de ser atingido, mas a seleção no ano 2000 da variedade IAC 111, uma filha de mãe Surpresa com pai ignorado, com alta resistência à mosca-das-frutas, resistência à antracnose e seca-da-mangueira, com boa qualidade de fruto, demonstra que o objetivo é viável. A IAC 111 é altamente suscetível à mal-formação e sua produtividade, ainda sendo avaliada, não parece ser boa. Ela deve ser usada como paterna no programa de melhoramento.

7.5. Variabilidade da Resistência para Doenças e Pragas da Copa

Os frutos da mangueira são infestados por mosca-das-frutas, principalmente espécies de *Anastrepha*, especialmente *Anastrepha obliqua*. A variabilidade das variedades de mangueira para resistência à mosca-das-frutas é grande. Carvalho et al., 1996, verificaram na Bahia, que a variedade Espada que em São Paulo é denominada Bourbon, tem alta resistência à mosca-das-frutas em condições de campo. Os resultados obtidos em Votuporanga-SP, sumariados na Tabela 3, confirmam a resistência da Bourbon (Espada na Bahia). A nova seleção denominada IAC 111 tem alta resistência à mosca-das-frutas (Tabela 3.). Enquanto o “seedling” obtido de mãe Van Dyke com pai ignorado (Tabela 5.9.2) apresentava 83,3% de frutos infestados com mosca-das-frutas, a IAC 111 plantada a seu lado em Votuporanga não apresentava frutos infestados. Isto demonstra que existe boa variabilidade para resistência à mosca-das-frutas em manga e que é possível selecionar variedades com frutos de boa qualidade e resistentes à mosca.

A antracnose causada pelo fungo *Colletotrichum gloesporioides* é uma das doenças mais nocivas à mangueira. A variabilidade em relação a esta doença é reconhecida por diversos autores (Cunha et al., 1993; Soares, 1994; Donadio et al., 1996; Junqueira et al., 2001). As cultivares Sensation e Bourbon podem ser consideradas altamente suscetíveis; a ‘Haden’ e ‘Espada Vermelha’ suscetíveis; ‘Alfa’, ‘Tommy Atkins’, ‘Van Dyke’ e ‘Ourinho’ são consideradas resistentes.

Outra doença de ampla ocorrência e muito nociva à mangueira é a malformação causada por *Fusarium sacchari* (Anjos et al., 1998). O germoplasma de mangueira apresenta boa variabilidade para esta doença. A Tabela 4. mostra o comportamento de 4 cultivares em relação à malformação-da-inflorescência. A variedade Winter pode ser considerada resistente à malformação. A verrugose causada por *Elsinoe mangifera* é muito nociva à manga em locais com umidade alta no ar. A maioria das variedades é suscetível, mas a variedade Tommy Atkins é altamente resistente à verrugose.

Tabela 3. Avaliação da resistência de variedades de mangueira para mosca-das-frutas, em condições de infestação natural de campo, através da porcentagem de infestação (% de frutos infestados) e da intensidade de infestação (porcentagem da área de polpa do fruto infestado). Votuporanga, SP, dezembro 2001.

Variedade	Infestação	Intensidade de infestação	Classificação da resistência
		%	
IAC 111	0,0	0,0	alta resistência
Bourbon	3,3	0,2	alta resistência
Ourinho	26,6	2,2	resistência moderada
IAC 109 Votupa	36,6	5,1	suscetível
Van Dyke	46,6	5,4	suscetível
Winter	46,6	7,2	suscetível
Tommy Atkins	53,3	11,1	suscetível
Haden 2H	63,3	11,6	suscetível
F ₁ (Van Dyke x pai desconhecido)	83,3	24,2	alta suscetibilidade
F ₁ (Sensation x pai desconhecido)	93,3	45,7	alta suscetibilidade

Outro fungo que causa danos à mangueira é o *Oidium mangiferae*. Algumas variedades como Glenn e Mallika são tão suscetíveis ao oídio que têm produção nula em locais onde a doença ocorre e quando não são pulverizadas. A maioria das variedades cultivadas tem certa tolerância a essa doença.

Tabela 4. Número médio de inflorescências malformadas contadas durante um minuto de observação em cada árvore, em quatro variedades de mangueira, em blocos completos ao acaso, com 18 repetições. Votuporanga, SP, agosto 2001.

Variedades	Número de inflorescência malformadas	Classificação do comportamento para malformação
Winter	5,29 A	Resistente
Tommy Atkins	22,81 B	Suscetível
Van Dyke	28,66 BC	Suscetível
Haden 2H	35,44 C	muito suscetível

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

A seca-da-mangueira da copa causada por *Ceratocystis fimbriata* pode ser controlada pelo corte e queima dos ramos infectados, o que a torna menos nociva que a seca-das-raízes.

Uma resistência moderada ao patógeno na copa já é suficiente para o manejo adequado da doença. A Tabela 5. mostra que a Haden, assim como a Extrema e a Bourbon comum que não constam da Tabela, são as variedades mais suscetíveis à seca-da-mangueira. A IAC 100 Bourbon apresenta uma resistência apenas moderada. A variedade Kent serve como separadora dos biótipos conhecidos, pois apresenta o mesmo comportamento da UBÁ (Jasmin), suscetível ao biótipo IAC FITO 4905, resistente ao biótipo IAC FITO 334-1.

Além das doenças causadas por fungos, ocorrem também as denominadas doenças fisiológicas, para as quais existe uma grande variabilidade na mangueira. A região Oeste do Estado de São Paulo é uma das regiões com menor teor de Boro do mundo. Níveis críticos inferiores a 10 mg por kg de folha são de ocorrência comum em mangueiras nessa região. A maioria das variedades de mangueira, nessas condições, apresenta acentuada queda de frutinhas novos. Foi verificado que o germoplasma de mangueira pode ser classificado em tolerante a níveis baixos de Boro, como a variedade Winter; intermediário como Tommy Atkins e sensíveis como Haden e Van Dyke (Rossetto et al., 1999).

Outra doença fisiológica expressiva é o colapso interno do fruto, relacionado com baixos teores de Ca, em relação a N. As variedades mais suscetíveis são Tommy Atkins e Van Dyke. A variedade Espada Stahl apresenta alta tolerância a esse problema fisiológico.

7.6 Método de Melhoramento de Copas para Resistência a Pragas e Moléstias.

Visto que existe grande variabilidade no germoplasma de manga para resistência às diversas pragas e moléstias, a atitude lógica e racional do melhorista é utilizar essa variabilidade para obter cultivares que combinem alta produtividade e qualidade do fruto com resistência às principais pragas e moléstias.

O primeiro método de melhoramento utilizado sempre é o de introdução e seleção. Exemplo clássico disso ocorreu no Estado de São Paulo,

onde o cultivar Haden, muito suscetível à seca-da-mangueira, muito sensível à deficiência de Boro, muito suscetível à antracnose e verrugose, foi substituído pela introdução da Tommy Atkins que é menos suscetível à seca-da-mangueira (Tabela 5), semi-tolerante à deficiência de Boro e resistente à antracnose e verrugose.

O segundo método é da hibridação e seleção. Para o melhoramento contra pragas e moléstias o Instituto Agrônomo de Campinas tem um programa de hibridação natural em campos de policruzamento, onde apenas as mães têm identidade conhecida. Isto permite trabalhar com um número alto de “seedlings”. Com a identificação de pais com potencialidade para dar bons descendentes, o programa está evoluindo para combinações paternas com hibridação natural em condição de isolamento, o que permitirá a obtenção de determinadas combinações híbridas com quantidade grande de “seedlings”.

Quanto à metodologia de seleção, é necessário considerar primeiro o tipo de distribuição da praga ou doença no campo. Na área biológica, a distribuição uniforme não existe. Ocorrem dois tipos de distribuição: a normal, que é mais freqüente e a distribuição em reboleira ou binomial negativa.

No caso da seca-da-mangueira, a distribuição é em reboleira e, além disso, sua ocorrência é demorada. Para esta doença, é necessária inoculação artificial do patógeno para fazer a seleção. Normalmente isto é feito no viveiro, quando as mudas atingem 150 cm de altura. A inoculação é feita provocando um ferimento pela retirada de uma folha e posterior pulverização no local da ferida de uma suspensão aquosa de esporos do fungo. A seleção é feita 90 dias após a inoculação. Nos materiais suscetíveis, o fungo cresce rapidamente, podendo infectar até 50 cm do ramo em 90 dias. No programa de seleção para copas apenas as plantas altamente suscetíveis são eliminadas, porque uma resistência moderada à seca-da-mangueira na copa já é suficiente para um bom manejo do pomar. No caso de seleção para porta-enxertos, somente as plantas com alta resistência são aproveitadas.

Tabela 5. Comportamento de 15 variedades de mangueira utilizadas como copa, em relação a dois biótipos de *Ceratocystis fimbriata*, avaliado pela extensão do ramo infectado pelo fungo 80 dias após sua inoculação. Mococa, SP (Modificado de Rossetto et al., 1996).

Variedades	Biótipo IAC FITO 4905 (patogênico a UBÁ)			Biótipo IAC FITO 334-1 (não patogênico a UBÁ)		
	São Quirino	1,3	a	alta resistência	0,3	a
Irwin	3,5	ab	resistente	1,2	ab	alta resistência
Van Dyke	4,3	ab	resistente	8,3	a-d	resistência moderada
Edward	6,8	abc	resistência moderada	12,8	abc	suscetível
Tommy Atkins	8,3	a-d	resistência moderada	15,5	de	suscetível
IAC 100 Bourbon	8,9	a-d	resistência moderada	11,7	a-d	suscetível
Sensation	11,9	b-e	suscetível	13,7	cde	suscetível
Smith	13,2	cde	suscetível	8,8	a-d	resistência moderada
Kent	15,8	def	suscetível	0,9	ab	alta resistência
Glenn	19,5	efg	suscetível	30,4	g	alta suscetibilidade
Joe Welch	19,5	efg	suscetível	12,2	a-e	suscetível
Palmer	22,0	fg	alta suscetibilidade	18,7	def	suscetível
Zill	24,6	g	alta suscetibilidade	23,6	efg	alta suscetibilidade
Haden	26,2	g	alta suscetibilidade	27,2	fg	alta suscetibilidade
Médias	13,0			12,5		

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%.

Um patógeno importante para a mangicultura brasileira é o fungo *Botryodiplodia theobromae*, causador de diversas doenças em mangueira. Pode causar morte de mudas recém-enxertadas em viveiro com sintomas semelhantes a “damping-off”; pode causar danos a flores e frutos com sintomas semelhantes à antracnose e pode ainda causar seca de árvores com incidência no tronco com sintomas muito semelhantes à seca-da-mangueira. A incidência deste patógeno, ao contrário dos demais, é errática. Pode causar grandes danos em mudas em determinado local. Quando é montado um experimento varietal nesse local, ele não mais ocorre, frustrando o pesquisador. Outrossim, as tentativas até agora feitas para inocular artificialmente esse patógeno em mangueira não foram bem sucedidas. Este é o único patógeno da mangueira para o qual não existe um método prático para selecionar plantas resistentes. A expectativa é desenvolver essa metodologia já que esse patógeno é muito importante para a cultura da mangueira no Brasil.

No caso das doenças e pragas da mangueira, a distribuição em geral é normal, o que permite fazer seleção em condições naturais de campo. Em geral, a ocorrência das doenças e mosca-das-frutas na ausência de medidas de controle é alta, o que permite fazer seleção em condições naturais de campo sem necessidade de inoculação artificial do patógeno ou infestação artificial da mosca-das-frutas.

8. OUTROS MÉTODOS E ESTRATÉGIAS

Várias outras estratégias ou procedimentos podem ser utilizados no melhoramento da manga, com maior ou menor grau de possibilidade de sucesso. A indução de mutações, o uso de variantes somaclonais resultantes de plantas micropropagadas e o índice de seleção, são algumas dessas estratégias.

Em relação à indução de mutações, a sua aplicação no melhoramento da manga tem resultado no lançamento de algumas cultivares no Brasil. Por exemplo, a cultivar IAC 100 Bourbon, que apresenta resistência moderada à *Ceratocystes fimbriata*, originou-se, de acordo com Rosseto *et al.* (1996, 1997), de uma mutação da cultivar Bourbon. Também originaram-se por esse método, as cultivares IAC 101 Coquinho, IAC 102 Touro, IAC 106 Jasmin, IAC 107 Castro e IAC 108 Bocado (Rosseto *et al.*, 1997).

As variações somaclonais são alterações genéticas e fenotípicas originadas durante o cultivo *in vitro* da planta. Podem afetar qualquer região do genoma da planta, resultando de vários tipos de arranjos no genoma da planta: alterações no número e arranjo de cromossomos; alterações no número de cópias dos genes; variações nas sequências de DNA metilado; ativação de elementos de transposição e mutações de ponto (Scrowcroft, 1984). No caso específico da manga, embora a literatura não disponha de informações sobre seu emprego no melhoramento, pode ser um procedimento a ser aplicado no futuro, desde que a ocorrência das variantes seja elevada e necessária para utilização de forma eficiente.

O índice de seleção consiste na combinação de todas as características a serem melhoradas em um índice que, teoricamente, dentre todas as metodologias de seleção, seja a opção mais eficiente (Falconer, 1989). O índice é construído com o objetivo de melhorar o valor genético agregado do indivíduo, sendo nesse índice, cada característica apropriadamente balance-

ada através do estabelecimento de pesos de acordo com sua importância econômica relativa. Contudo, uma das dificuldades de se aplicar o índice de seleção em fruteiras e, em especial, em manga, é a falta de um procedimento eficiente para o estabelecimento desses pesos (Souza, 1996). Baker (1986) sugeriu que uma opção é estabelecer os pesos econômicos, considerando a proporcionalidade dos caracteres envolvidos no índice. Por exemplo, sabe-se que o porte pequeno da planta, a coloração vermelha da casca e a longa vida pós-colheita são três importantes características no desenvolvimento de cultivares de manga para as condições do Nordeste. Para essas características, diz-se, hipoteticamente, que uma redução de 0,5 m no porte da planta, um aumento de 1,0 unidade na coloração vermelha escala de 0 a 9, onde 0 = 0-10% e 9 = 90-100% de coloração vermelha, respectivamente, e um aumento de cinco dias na vida de prateleira teriam todos, o mesmo valor econômico relativo. Assim, para conferir a essas características o mesmo valor no índice de seleção, os pesos relativos das mesmas seriam: 10, 5 e 1, respectivamente. Apesar da maior eficiência desse método, a sua utilização em plantas tem sido restrita, provavelmente, por ser um método sofisticado e que exige a disponibilidade de estimativas de parâmetros genéticos, como por exemplo, herdabilidade e correlações genotípicas e fenotípicas. Na maioria dos programas de melhoramento, os dados não permitem estimativas apropriadas desses parâmetros, principalmente nos estudos de herança genética.

9. ESTUDO DA HERANÇA EM MANGUEIRA

A poliembrião em mangueira é um caráter sob controle genético, possivelmente um fator recessivo controlado por um simples par de gens. Análises de progênies de mangas monoembriônicas cruzadas com poliembriônicas indicam que a monoembrião é um caráter dominante (Sturrock, 1968). No entanto, um indivíduo que contenha somente um dos alelos recessivo será heterozigótico e poderá ou não apresentar um fenótipo poliembriônico. Como exemplo, a variedade Simmonds é uma poliembriônica originada do cruzamento entre a ‘Haden’ (monoembriônica, heterozigótica dominante) com a ‘Carabao’ (poliembriônica, homozigótica recessiva). O número de embriões adventícios é grandemente influenciado por fatores ambientais, tais como a nutrição e o clima (Knight, 1970). A diferenciação

entre o embrião nucelar e o zigótico tem sido possível através da análise enzimática do tecido nucelar (Schnell & Knight, 1994). Entretanto, este tipo de estudo é muito difícil de ser aplicado na prática, deixando o mangicultor ainda indeciso e continuando a escolher a plântula mais vigorosa na sementeira, como sendo a planta nucelar.

Nos trabalhos de melhoramento por hibridação da Embrapa Cerrados, Brasília, tem-se observado um elevado percentual de suscetibilidade à malformação floral nas progêneses cujos grupos parentais continham a cultivar Tommy Atkins. De 23 progêneses, do cruzamento entre ‘Tommy Atkins’ x ‘Mallika’, todas mostraram-se suscetíveis à malformação e de 49 progêneses oriundas do cruzamento ‘Winter’ x ‘Tommy Atkins’, 47 plantas estão mostrando sintomas de malformação floral. Com esse resultado, pode-se criar a hipótese de que a malformação floral em mangueira esteja sob controle genético de forma monogênica e cuja expressão nas progêneses F_1 é homozigótica dominante.

10. SITUAÇÃO ATUAL DO MELHORAMENTO DA MANGA NO BRASIL

No Brasil, os programas de melhoramento de manga bem organizados são três apenas e são desenvolvidos pelas seguintes instituições: Embrapa Cerrados, Instituto Agrônomo de Campinas – IAC e FCAV-UNESP, em Jaboticabal-SP. O programa da Embrapa Cerrados, tem sido, basicamente, desenvolvido com base na hibridação controlada, embora o processo de cruzamento aberto já sido feito anteriormente e pretende-se retornar sua aplicação com o advento da técnica do quadrado latino. Em ambos, o objetivo é o mesmo, ou seja, o desenvolvimento de híbridos com alta capacidade produtiva; melhor qualidade de frutos, produção regular e livre de doenças, além de plantas de porte reduzido (Pinto & Byrne, 1993), visando a adaptação às condições dos Cerrados e do Nordeste brasileiro. Neste trabalho, cultivares brasileiras, indianas e provenientes da Flórida são usadas nos grupos parentais. O trabalho de melhoramento da manga no Brasil, semelhante a de outros países, passa por 5 fases bastante distintas:

Fase 1 – Introdução, Avaliação e Seleção de Cultivares;

Fase 2 – Hibridação Intervarietal;

Fase 3 – Seleção Inicial e Caracterização de Progêneses;

Fase 4 – Testes Regionais;

Fase 5 – Testes de Mercado. Todas essas fases estão, total ou parcialmente, inclusas nos métodos de melhoramento de mangueira descritos na literatura e discutidos anteriormente.

A técnica utilizada anteriormente por Mukherjee et al. (1961), a qual recomendava somente sacos plásticos não perfurados e número de flores limitado a dez por panícula, foi aprimorada na Embrapa Cerrados (Pinto & Byrne, 1993; Pinto, 1996). A técnica aprimorada segue os seguintes passos: a) as panículas originadas em ramos secundários e terciários devem ser preferidas para serem polinizadas, uma vez que retêm mais frutos que as terminais; b) panículas das plantas progenitoras femininas ou progenitoras masculinas, usadas nos cruzamentos, devem ser ensacadas na tarde anterior, retirando-se todas as flores abertas; c) devem ser usados sacos de polietileno, perfurados com alfinete em 1/3 de seu comprimento e de tamanhos suficientes para ensacar a panícula totalmente; d) flores estaminadas e perfeitas da planta progenitora masculina, ainda com anteras fechadas, são coletadas pela manhã e mantidas em placas de petri sob 3 condições à sombra, meia-sombra e ao sol para facilitar a abertura sincronizada das anteras; e) flores perfeitas da planta progenitora feminina são emasculadas e polinizadas entre 11:00hs da manhã e 13:00 hs da tarde; um homem pode emasculiar e polinizar entre 100 e 150 flores/dia; f) os sacos de polietileno são removidos cerca de 10-15 dias após a polinização; g) pulverizações com fungicida e/ou água diariamente são bastante benéficas para evitar abscisão e ataque fúngico que promovem a queda de frutos; h) os frutos vingados são ensacados (tipos de sacos para cebola) para evitar queda e perda dos mesmos quando maduros. O ganho na obtenção de híbridos foi da ordem de 5%, ou seja, conseguiu-se aumentar o sucesso no número de frutos híbridos de 1,45% para 6,40% com o aprimoramento da técnica de hibridação entre 1981 e 1993 no total de 14.780 cruzamentos.

O trabalho de hibridação da Embrapa Cerrados visa, principalmente, a obtenção de uma cultivar anã, prolífica, resistente a doenças e com frutos de alta qualidade (coloração da casca atrativa, ótimo sabor, polpa firme e sem fibra). Atualmente, cerca de 1480 híbridos de mangueira (F_1) e progênies obtidas de retrocruzamentos estão instalados na área experimental da EMBRAPA/CPAC. As primeiras quatro variedades Roxa Embrapa 141 e Alfa Embrapa 142, Beta e Lita foram lançadas entre 1998 e 2002. Outras

seleções de híbridos tais como o CPAC 142/86, CPAC 23/86, CPAC 98/86, CPAC 263/93, CPAC 294/94, CPAC 256/94 e CPAC 329/94 apresentam excelentes características de frutos de tamanho médio e alto rendimento de frutos/planta. A seleção CPAC 07.294/94 apresentou porte anão e produção precoce aos 2 anos de idade, porém os frutos são de baixa qualidade, quanto ao sabor. Existem seleções excelentes quanto à produtividade e qualidade do fruto como a CPAC 23/86, CPAC 23/93, a CPAC 256/94 e CPAC 329/94.

Um novo projeto, visando a obtenção de variedades a partir de cruzamentos abertos, está sendo instalado na EMBRAPA/CPAC, utilizando o delineamento estatístico do quadrado latino. Esta metodologia promoverá uma melhor aleatoriedade dos cruzamentos entre as variedades selecionadas bem como, uma colheita mais orientada, permitindo-se estimar a probabilidade da herança de certas características dos frutos híbridos obtidos e que serão semeados para obtenção das progêneses F_1 (Fig. 5.1).

A utilização de plantas anãs sobre-enxertadas com variedades mono e poliembriônicas e o confinamento de moscas polinizadoras dentro dos sacos plásticos envolvendo as panículas das duas variedades ou mantendo-as em telados protegidos, faz parte do novo aprimoramento de técnicas dentro do programa de hibridação intervarietal de mangueiras no CPAC (Pinto, 1994a). As vantagens do uso da técnica de recuperação de copa e do confinamento em telados com moscas são a obtenção de um maior número de híbridos por meio de cruzamentos múltiplos ou policruzamentos, conseguindo-se uma maior população de material elite, além da possibilidade de também se aumentar rapidamente a variabilidade genética na população de progenitores. Mesmo usando-se 2 variedades-copa que tenham florescimento em época diferente, como a 'Winter' e 'Palmer', com a prática da irrigação e da indução floral, pode-se sincronizar o florescimento e utilizá-las em copa múltipla sem problema.

Programas de melhoramento da manga em outros Estados, como o desenvolvido pela FCAV-UNESP em Jaboticabal-SP, tem selecionado híbridos oriundos de cruzamentos aberto, com características comerciais bastante aceitáveis, como as variedades Coração-de-Boi, Alda, Natalina e Pavão (Donadio, 1996). Recentemente, o Instituto Agrônômico, em Campinas-SP, lançou duas variedades IAC-103 Espada Vermelha e IAC-107 Dura ambas muito resistentes aos dois tipos de Seca-da-Mangueira (aérea e do

sistema radicular) causadas pelo fungo *Ceratocystis fimbriata*. A ‘Espada Vermelha’ além de ser recomendada para uso como porta-enxerto é também recomendada como variedade copa (Rosseto et al., 1994). O programa desenvolvido pelo IAC está centrado em dois objetivos principais. O primeiro é obter cultivares poliembriônicas com características adequadas para porta-enxerto e com resistência à seca da mangueira (*Ceratocystis fimbriata*) e o segundo, desenvolver cultivares copas mono ou poliembriônicas que apresentem, além das características desejadas pelo mercado, resistência à seca da mangueira, antracnose, oídio e moscas-das-frutas (Rosseto et al., 1996, 1997), discutidas anteriormente (tópico 5.10).

O processo de mutação, que pode ocorrer espontaneamente ou ser induzida através de radiações químicas ou agentes mutagênicos, é uma outra técnica utilizada na obtenção de novas variedades de mangueira. Uma remota, porém, ainda possível obtenção de uma variedade com características aceitáveis é através da mutação de gema. A variedade Davis-Haden é um exemplo deste tipo de “sport” ou mutação de gema citada pela literatura (Young & Ledin, 1954).

11. BIOTECNOLOGIA APLICADA AO MELHORAMENTO

No melhoramento clássico, vários fatores têm limitado a eficiência do processo de seleção, podendo ser citados: o baixo nível de conhecimento sobre a resposta à seleção a nível genotípico e a base biológica dessa resposta (Lee, 1995) e a ligação gênica e a auto-incompatibilidade, além da dificuldade e/ou impossibilidade de cruzamentos entre espécies não relacionadas (incompatibilidade sexual) (Brasileiro & Dusi, 1999; Altman, 1999). Outro problema, resultante das modernas práticas na agricultura, as quais têm enfatizado a máxima produtividade associada a alta qualidade e uniformidade do produto, tem sido a redução da diversidade genética do “pool” gênico para a maioria das espécies cultivadas (Lee, 1995; Brasileiro & Dusi, 1999).

Grande parte do sucesso do melhoramento genético de plantas em geral tem sido obtido sem o uso, de fato, dos conhecimentos sobre a biologia da planta. Embora muitas informações estivessem disponíveis, não eram utilizadas porque ou eram irrelevantes ou muito difíceis de serem incorporadas aos programas de melhoramento. Por exemplo, fenômenos biológicos

de suma importância para o melhoramento, como a heterose, a epistasia, a interação patógeno-hospedeiro e a resposta a estresses abióticos, não têm sido apropriadamente empregados pela maioria dos melhoristas (Lee, 1995).

Por outro lado, o rápido e crescente desenvolvimento das técnicas em biotecnologia vem sendo um instrumento moderno e eficaz na manipulação da variação genética. A utilização dessas técnicas permite oferecer em curto e médio prazos, benefícios sócioeconômicos bem maiores que as metodologias tradicionalmente utilizadas (Ferreira & Grattapaglia, 1998; Ortiz, 1998; Altman, 1999). A biotecnologia é, normalmente, conceituada como sendo um conjunto de processos biológicos que têm como base principal, a tecnologia do DNA recombinante e a cultura de tecidos, dentre outras técnicas de manipulação (King & Stansfield, 1990; Borém, 1997).

Cronologicamente, é possível dividir a biotecnologia vegetal em três fases distintas. A primeira fase teve início com o surgimento da propagação de plantas por meio da cultura de tecidos (Peters *et al.*, 1999; Moraes-Fernandes *et al.*, 1999). A regeneração de plantas através de técnicas de cultura de tecidos é um requerimento primário para a utilização de tecnologias em genética molecular em qualquer espécie de planta (Poehlman & Sleper, 1995; Ferreira *et al.*, 1998; Brasileiro & Dusi, 1999). Além dessa, existem várias outras aplicações da cultura de tecidos, destacando-se a clonagem “*in vitro*”, a conservação de germoplasma *in vitro*, a multiplicação de genótipos para análise em experimentos replicados, a obtenção de variantes somaclonais, a quebra de barreiras de incompatibilidade genética, a clonagem de genótipos superiores para teste de capacidade de combinação, a cultura de anteras para obtenção de di-haplóides, a multiplicação de genótipos superiores e a recuperação de plantas livres de vírus (Scowcroft, 1984; Poehlman & Sleper, 1995).

A segunda fase da biotecnologia surgiu na década de 80, com o advento das técnicas de marcadores moleculares (Ferreira & Grattapaglia, 1998), e a terceira teve início com o surgimento da engenharia genética (ou transgenia) e das plantas transgênicas (Carneiro & Paiva, 2000), as quais foram rapidamente adotadas por um grande número de agricultores em várias partes do mundo (Skerritt, 2000). A variabilidade genética existente na natureza é a matéria-prima que o melhorista de plantas utiliza e da qual depende para desenvolver novas cultivares. Assim, a possibilidade de se engenheirar ou transformar plantas permite ao melhorista ter acesso a um

novo e variado “pool” gênico que não estaria disponível por meio do melhoramento clássico (Aragão *et al.*, 1998; Brasileiro & Dusi, 1999).

Embora se reconheça a importância atual das técnicas de cultivo *in vitro* e, em particular, da engenharia genética como ferramentas que o melhorista não deve perder de vista, a abordagem, neste tópico, se limitará apenas à aplicação dos marcadores moleculares por serem estes de maior interesse imediato dos melhoristas em geral e da manga em particular.

Entende-se por marcadores moleculares as características de DNA que diferenciam dois ou mais indivíduos e que são herdadas geneticamente. Atualmente, diversos tipos de marcadores moleculares estão disponíveis, os quais se diferenciam entre si, pela tecnologia utilizada para revelar a variabilidade a nível de DNA (Milach, 1998).

Em plantas, a identificação dos primeiros marcadores moleculares ocorreu na década de 70 e estes foram os marcadores de RFLP - Polimorfismo de Comprimento de Fragmentos de Restrição. Esses marcadores apresentam as desvantagens de exigirem sondas radioativas e técnicas sofisticadas e laboriosas, sendo, portanto, de difícil utilização no dia a dia do melhoramento (Rafalski & Tingey, 1993). Foi somente após o desenvolvimento das técnicas de PCR - Reação de Polimerase em Cadeia, que os marcadores moleculares ganharam maior atenção por parte dos melhoristas de plantas. Diversas técnicas foram desenvolvidas, cada uma com suas vantagens e desvantagens, porém, todas eficientemente aplicáveis ao melhoramento (Rafalski & Tingey, 1993; Bretting & Widrechner, 1995; Ferreira & Grattapaglia, 1998). Os principais marcadores baseados na técnica de PCR são: RAPD - Polimorfismo de DNA Amplificado ao Acaso; AFLP - Polimorfismo de Comprimento de Fragmentos Amplificados, e Microsatélites ou SSR - Sequências Simples Repetidas (Ferreira & Grattapaglia, 1998). Existem, ainda, os marcadores baseados em locos hipersensíveis de mini-satélites ou VNTR - “Variable Number of Tandem Repeats”, os quais são uma variação dos marcadores de RFLP; e os marcadores isoenzimáticos, que são baseados em diferenças na mobilidade de enzimas (proteínas) e vem sendo utilizados desde a década de 60 (Bretting & Widrechner, 1995; Ferreira & Grattapaglia, 1998).

Dos marcadores baseados em PCR, os Micro-satélites ou SSR são considerados os mais informativos, porém de alto custo, enquanto os de RAPD são os mais simples e de mais baixo custo (Ferreira & Grattapaglia,

1998). Os marcadores de RAPD, em função da simplicidade e da rapidez com que podem ser obtidos, do baixo custo e do não requerimento de conhecimentos aprofundados em biologia molecular, têm sido bastante utilizados na caracterização e estudos filogenéticos, DNA *fingerprint* e construção de mapas genéticos em diversas espécies de plantas (Nybom, 1994). Por sua vez, Lavi *et al.* (1996) consideram os marcadores de AFLP um dos mais promissores, tanto para a identificação, acesso da variabilidade genética e estudo do relacionamento filogenético, quanto para melhorar a eficiência dos programas de melhoramento da manga, através, principalmente da seleção assistida por marcadores - MAS.

Dentre as principais aplicações dos marcadores de DNA no melhoramento de plantas em geral estão: (1) identificação de parentais e seleção de cruzamentos; (2) identificação e proteção de cultivares; (3) atribuição de linhagens a grupos heteróticos em espécies alógamas; (4) certificação de pureza genética; (5) monitoramento de cruzamentos e (6) caracterização e manejo de bancos de germoplasma, como aplicações de curto prazo e (7) construção de mapas genéticos; (8) mapeamento de locos de herança simples; (9) mapeamento de características de herança quantitativa; (10) seleção assistida por marcadores - MAS; e (11) prospecção e clonagem de genes de interesse econômico, como aplicações de médio e longo prazos (Lee, 1995; Ferreira & Grattapaglia, 1998).

Os marcadores moleculares também podem ser utilizados para caracterizar o genótipo de um indivíduo a partir de células de tecidos em qualquer estágio de desenvolvimento da planta, o que possibilita acelerar o processo de seleção e recombinação dos indivíduos desejados e, conseqüentemente, reduzir o tempo necessário para se completar uma geração de melhoramento (Ferreira & Grattapaglia, 1998). Esse aspecto adquire especial importância no melhoramento de espécies perenes (frutíferas e florestais), em que o longo ciclo vegetativo e a limitação de espaço dificultam e reduzem o interesse pelo melhoramento dessas espécies (Hansche & Beres, 1980; Hansche, 1983; Guimarães & Moreira, 1999).

Nas diversas regiões do mundo, a avaliação e a caracterização dos recursos genéticos da manga, bem como de outras frutíferas, para uso em programas de melhoramento, têm sido feitas com base em características agronômicas e morfológicas (Chadha & Pal, 1986; Iyer & Dinesh, 1996). Por outro lado, é sabido que as características agronômicas e morfológicas,

assim como outros marcadores morfológicos, são afetados, em maior ou menor grau, pelas condições ambientais e podem, como consequência, não representar com fidelidade as similaridades e/ou as diferenças genéticas existentes entre indivíduos (Andersen & Fairbanks, 1990; Rafalski & Tingey, 1993). Nesse sentido, a grande vantagem dos marcadores moleculares é que eles não estão sujeitos aos efeitos do ambiente.

Em manga, onde a identificação de cultivares tem sido feita fundamentalmente com base em caracteres morfológicos (Iyer & Dinesh, 1996), a utilização de marcadores moleculares e isoenzimáticos tem sido enfatizada mais recentemente. Muitos estudos têm sido desenvolvidos, objetivando, principalmente, a caracterização e a identificação de cultivares e o relacionamento filogenético entre as diversas espécies de *Mangifera* (Adato *et al.*, 1995; Iyer & Dinesh, 1996; Eiadthong *et al.*, 1999). Segundo Iyer & Dinesh (1996), com a implementação desses estudos, o número de cultivares com parentais desconhecidos tem sido reduzido. Degani *et al.* (1990) desenvolveram alguns sistemas de isoenzimas polimórficas para a manga e as empregou na caracterização sistemática e na análise de parentesco entre diversas cultivares. Mostraram que cultivares morfológicamente similares, como por exemplo 'Pico' e 'Carabao', podem ser facilmente distinguíveis através de análises isoenzimáticas. Por meio desses estudos, a origem de algumas cultivares foi confirmada, assim como, a origem de alguns híbridos, rejeitada. Por exemplo, a origem da 'Haden' foi confirmada como sendo a 'Mulgoba'; da 'Zill' a 'Haden', e da 'Tahar' a 'Irwin'. Mostraram, também, que a 'Carabao' não pode ser o progenitor masculino da 'Edward', tida como híbrido entre 'Haden' e 'Carabao'; e a 'Keitt' não pode ser progênie da 'Mulgoba'.

Schnell *et al.* (1995) estudaram a aplicação de marcadores moleculares de RAPD na identificação de cultivares de manga e observaram que nenhum dos 11 *primers* estudados resultaram, isoladamente, em um padrão único de bandeamento para quaisquer dos 25 acessos examinados. Contudo, algumas combinações de padrões de bandeamento de dois *primers* resultaram em padrões únicos de *fingerprinting* para cada acesso. Adato *et al.* (1995), por sua vez, aplicaram a técnica do DNA *fingerprinting* na identificação, análise genética e estrutura familiar de 20 cultivares de manga, através de marcadores de mini e micro-satélites. Concluíram que essa técnica pode ser bastante útil para a identificação de cultivares de manga,

bem como para auxiliar no processo de melhoramento em si. Concluíram, ainda, que a utilização de diferentes grupos de marcadores moleculares na MAS para características importantes economicamente, pode possibilitar a seleção precoce, ou seja, no estágio de *seedlings*. É justamente na MAS que se tem uma das grandes utilidades dos marcadores moleculares em fruteiras perenes como a manga (Ferreira & Grattapaglia, 1998; Guimarães & Moreira, 1999). Por exemplo, se em um determinado cruzamento um gene que controla a expressão de um caráter de importância econômica, de herança monogênica, está intimamente ligado a um ou mais marcadores moleculares, a progênie resultante desse cruzamento pode ser selecionada no estágio de *seedlings* e antes da expressão fenotípica do caráter de interesse, somente com base no marcador ou marcadores. A MAS permite, ainda, a redução do número de retrocruzamentos necessários para a introgressão de genes em cultivares comerciais.

A caracterização molecular do germoplasma de manga disponível é, também, essencial para o seu uso mais adequado em etapas subsequentes do melhoramento. Essa caracterização molecular permite ao melhorista identificar acessos duplicados, simplificando os trabalhos subsequentes. Possibilita, ainda, identificar a existência de variabilidade genética nesse germoplasma, selecionar progenitores e planejar melhor os cruzamentos.

No Brasil, estudos envolvendo biotecnologia em manga são praticamente inexistentes. O trabalho envolvendo a análise genética de genótipos de mangueira através de marcadores RAPD, desenvolvido por Souza *et al.* (2002), é pioneiro nessa área. Isso mostra que há uma situação de quase negligência, assim dizer, por parte dos melhoristas de manga, em relação ao emprego da biotecnologia no melhoramento genético da espécie. É sempre importante ressaltar que os recentes avanços nessa área têm possibilitado ganhos consideráveis para as diversas culturas que deles têm se beneficiado mundo afora. Portanto, é importante que o melhoramento da mangueira no Brasil passe, também, a se beneficiar desses avanços. Para tanto, é necessário que a pesquisa pública incentive pesquisas com a cultura nessa área e, principalmente, que os melhoristas dessa importante frutífera tenham consciência dos ganhos potenciais advindos do seu uso e, com isso, quebrem sua resistência em relação a essa ferramenta fundamental na arte de fazer melhoramento.

12. CONCLUSÕES

O Brasil encontra-se entre os dez maiores produtores mundiais de manga e um dos maiores exportadores desta fruta, mas, a exportação ainda é baixa quando comparada com o total produzido. A integração do Brasil aos mercados internacionais e a crescente busca do consumidor por produtos de melhor qualidade pressionarão os produtores, por produtos diferenciados para que possam garantir sua participação no acirrado mercado internacional. Porém, a base da mangicultura brasileira está concentrada apenas em uma cultivar, proporcionando sérios riscos à sua sustentabilidade. Assim, o melhoramento genético torna-se ferramenta de fundamental importância, proporcionando a geração de cultivares com os atributos necessários e assegurando a competitividade da mangicultura nacional. A associação dos métodos clássicos de melhoramento genético com as modernas técnicas da biologia molecular poderá acelerar o desenvolvimento de novos cultivares, contribuindo de maneira eficaz para a sustentabilidade do agronegócio da manga nacional.

13. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADATO, A.; SHARON, D.; VAVI, U. Application Fd DNA Fingerprints For Identification and Genetic Analyses of Mango (*Mangifera Indica*) Genotypes. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, V.120, N.2, P.259-264, 1995.

AGRIANUAL. São Paulo: FNP, 2000. p.390-397.

ALTMAN, A. Plant Biotechnology In The 21st Century: The Challenges Ahead. **Electronic Journal Of Biotechnology**, V.2, N.2, 1999. [Online]. Site: [Http://Www.Ejb.Ucv.Cl/Content/Vol2/Issue2/Full/1/Index.Html](http://Www.Ejb.Ucv.Cl/Content/Vol2/Issue2/Full/1/Index.Html)

ANJOS, J.R.N.; CHARCHAR, M.J.A.; PINTO, A.C. DE Q. & RAMOS, V.H.V. Associação de *Fusarium sacchari* com a malformação vegetativa da mangueira. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília. 23(1): 75-77. 1998.

ANDERSEN, W.R.; FAIRBANKS, D.J. Molecular Markers: Important Tools for Plant Genetic Resource Characterization. **Diversity**, V.6, N.3/4, P.51-53, 1990

ARAGÃO, F.J.L.; VIANNA, G.R.; RECH, E.L. Feijão Transgênico: Um Produto da Engenharia Genética. Site: [Http://Www.Biotecnologia.Com.Br/Bio/5_I.Htm](http://www.Biotecnologia.Com.Br/Bio/5_I.Htm). 1998.

BAKER, R.J. Selection Index In Plant Breeding. Boca Raton: CRC Press, 1986.

BARROS, L.M.; CRISÓSTOMO, J.R.; ALMEIDA, J.I.L.; ARAÚJO, F.E. O Policruzamento como Método de Melhoramento para o Cajueiro Anão-Precoce (*A. Occidentale* L.). In: ENCONTRO DE GENÉTICA DO NORDESTE, 9., 1993, Teresina. Anais... Teresina: SBG, 1993. p.100.

BETTENCOURT, E.; HAZEKAMP, T.; PERRY, M. C. Directory of germplasm collections: 6. I. Tropical and subtropical fruits and tree nuts. **IBPGR**, Rome. 1992. 237 p.

BOMPARD, J.M. The genus *Mangifera* rediscovered: the potencial contribution of wild species to mango cultivation. **Acta Horticulturae** 341:69-71, 1993.

BOMPARD, J.M.; SCHNELL, R.J. Taxonomy And Systematics. In: LITZ, R.E., Ed. **The Mango**; Botany, Production and Uses. Wallington: CAB International, 1997. p.21-47.

BORÉM, A. **Melhoramento de Plantas**. Viçosa: UFV, 547p.1997.

BORÉM, A.; Cavassim, J.E. Blocos de Cruzamento. In: BORÉM, A., Ed. **Hibridação Artificial em Plantas**. Viçosa: UFV, 1999. p.15-61.

BRASILEIRO, A.C.M.; DUSI, D.M.A. Transformação Genética De Plantas. In: Torres, A.C.;

CALDAS, L.S.; BUSO, J.A., Eds. Cultura de Tecidos e Transformação Genética De Plantas. V.2. Brasília: Embrapa-SPI/ Embrapa-CNPB, p.679-735. 1999.

BRAVO, J.A.; FEHR, W.R.; CIANZIO, S.R. Use Of Small-Seeded Soybean Parents for the Improvement of Large-Seeded Cultivars. **Crop Science**, V.21, p.430-432, 1981.

BRETTING, P.K.; WIDRLECHNER, M.P. Genetic Markers and Horticultural Germplasm Management. *Hortscience*, V.30, N.7, p.1349-1356, 1995.

BRUCKNER, C.H. Melhoramento De Fruteiras. In: BORÉM, A., Ed. **Melhoramento de Espécies Cultivadas**. Viçosa: UFV, 1999. p.679-714.

CAMPBELL, C.W. Comparison of yield of polyembryonic and monoembryonic mangos. **Proc. of the Florida State Hort. Sci.**, 74: 363-365, 1961.

CAMPBELL, R.J. & CAMPBELL, C.W. Commercial Florida Mango Cultivars. **Acta Horticulturae**, V. 341, p.55-59.1993.

CARNEIRO, N.P.E.; PAIVA, E. Desenvolvimento E Contribuições Da Biotecnologia No Melhoramento Genético Do Milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 23., 2000, Uberlândia, MG. Anais... Uberlândia: ABMS/CNPMS, 2000. CD- Rom.

CARVALHO, R. DA S.; NASCIMENTO, A.S.; MORGANTE, J.S. & FONSECA, N. Susceptibility of different mango varieties (*Mangifera indica*) to attack of fruit fly, *Anastrepha obliqua*. p. 325-331. In Gary J. Steck and Bruce A. McPherson (eds), **Fruit fly pest: A world assessment of their biology and management**. St. Lucie Press, Florida, USA. 586p. 1996.

CHADHA, K.L.; PAL, R.N. *Mangifera Indica*. In: Halevy, A.H. Ed. CRC Handbook of Flowering. V.5. Boca Raton: CRC Press, p.211-230. 1986.

CILLIERS, B.; HUMAN, C.F.; SNYMAN, J.C.; CARSTENS, K. Strategies, Progress and Results From The South African Mango Breeding Programme. **Acta Horticulturae**, V.455, P.241-244, 1996.

CUNHA, M.M. DA; COUTINHO, C. DE C.; JUNQUEIRA, N.T.V. & FERREIRA, F.R. **Manga para exportação: aspectos fitossanitários**. Brasília: EMBRAPA-SPI. Série Publicações Técnicas FRUPEX-3. 104p.1993.

DAVENPORT, T.L. & NÚÑEZ-ELISEA, R. Reproductive physiology. In: Litz, R.E. (Ed.) **The Mango: Botany, Production and Uses**. CAB International, New York, p. 69-146. 1997.

DEGANI, C.; EL-BATSRI, R.; GAZIT, S. Enzyme Polymorphism in Mango. **Journal of The American Society for Horticultural Science**, V.115, p.844-847, 1990.

DONADIO, L. C. Variedades de mangueira. In: São José, A. R.; Souza, I. V. B.; Martins Filho, J.; Morais, O. M. (ed.). **Manga tecnologia de produção e mercado**. Universidade Estadual do Sudeste da Bahia, Vitória da Conquista-BA. p. 32-56. 1996.

EIADTHONG, W.; YONEMORI, K.; SUGIURA, A.; UTSUNOMIYA, N.; SUBHADRABANDHU, S. Genetic resources of *Mangifera* species in Thailand. **Japanese Journal of Tropical Agriculture**, vol. 43, n. 2. 1999.

FAO. **Yearbook Production**. Rome, V.52, 1998.

FALCONER, D.S. Introduction to Quantitative Genetics. 3.Ed. New York: Longman Scientific and Technical. 438p. 1989.

FEHR, W.R. **Principles Of Cultivar Improvement** ; Theory And Tecnique. V.1. Ames: Macmillan Publishing Campany, 1987. 535p.

FERREIRA, M.E.; CALDAS, L.S.; PEREIRA, E.A. Aplicações da Cultura de Tecidos no Melhoramento Genético de Plantas. In: Torres, A.C.; Caldas, L.S.; Buso, J.A., Eds. Cultura de Tecidos e Transformação Genética de Plantas. V.1. Brasília: Embrapa-SPI/ Embrapa-CNPQ, p.21-43. 1998.

FERREIRA, M.E.; GRATTAPAGLIA, D. Introdução Ao Uso De Marcadores Moleculares Em Análise Genética. 3.Ed. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos E Biotecnologia, 1998. 220p.

FERREIRA, F.R. & PINTO, A.C.Q. Tropical and subtropical fruits genetic resources in Brasil. In: Galán Saúco, V. (editor): **Proceedings of Second MESFIN Meeting in Fruit Production**. Madeira, Portugal, August 1997. FAO/Gobierno de Canarias. p. 39-62. 1998.

GALÁN SAÚCO, V. **El cultivo del mango**. Ediciones Mundi-Prensa, Madri. 298p. 1999.

GAN, Y.Y., ZAINI, S. & IDRIS, A. Genetic variation in the grafted vegetatively propagated mango (*Mangifera indica* L.). **Pertanika**, 4: 53-62, 1981.

GUIMARÃES, C.T.; MOREIRA, M.A. Genética Molecular Aplicada ao Melhoramento de Plantas. In: BORÉM, A., Ed. **Melhoramento de Espécies Cultivadas**. Viçosa: UFV, p.715-740. 1999.

GUNJANTE, R.T.; BURONDKAR, M.M Parthenocarpic Mango Developed Through Hybridisation. **Acta Horticulturae**, V.341, P.107-111, 1993.

HANSCH, P.E. Response To Selection In: Morre, J.N.; Janick, J. Eds. **Methods in Fruit Breeding**. West Lafayette: Purdue University Press, p.154-171. 1983

HANSCH, P.E.; BERES, V. Genetic Remodeling of Fruit and Nut Trees to Facilitate Cultivar Improvement. **Hortscience**, V.15, P.710-715, 1980.

IBPGR. Descriptors for mango. Rome. **International Board for Plant Genetic Resources**, 1989. 22p.

IYER, C.P.A. AND DEGANI, C. Classical Breeding and Genetics. In: Litz, R.E. (ed.). **The Mango: Botany, Production and Uses**. CAB International, New York, p. 49-68. 1997.

IYER, C.P.A.; DINESH, M.R. Advances In Classical Breeding And Genetics In Mango. **Acta Horticulturae**, V.455, P.252-267, 1996.

JISON, L.F.; HEDSTROM, I. Pollination Ecology Of Mango (*Mangifera Indica L.*) (Anacardiaceae) In The Neotropic Region. **Turrialba**, V.35, P.269-277, 1985.

JUNQUEIRA, N.T.V.; CUNHA, M.M. DA & RAMOS, V.H.V. 2001. Doenças da mangueira. p. 361- 402. In: Manica, I.; Malavolta, E.; Icuma, I.M.; Cunha, M.M. da; Oliveira Jr., M.E. de; Junqueira, N.T.V. & Ramos, V.H.V. 2001. **Manga: Tecnologia, Produção, Pós-colheita, Agroindústria e Exportação**. Editora Cinco Continentes, Porto Alegre. 617p.

KING, R.C.; STANSFIELD, W.D. **A Dictionary of Genetics**. 4.Ed. New York: Oxford University Press, 406p. 1990.

KNIGHT JR., R. J. Polyembryonic mangos: their unrealized potential. **Proc. of the Tropical Region of the Amer. Soc. Hort. Sci.**, 14:145-155, 1970.

LAKSHMINARAYANA, S. AND AGUILAR, P.H. Effect of orchard heating in reducing parthenocarpic fruits in 'Haden' mango. **Proceedings of the Horticultural Society** 88: 502-505, 1975.

LAVI, U.; KAUFMAN, D.; SHARON, D.; ADATO, A.; TOMER, E.; GAZIT, S.; HILLEL, J. Mango Breeding and Genetics - Review. **Acta Horticulturae**, V.455, p.268-276, 1996.

LEE, M. DNA MARKERS AND PLANT BREEDING PROGRAMS. **Advances in Agronomy**, V.55, p.265- 344, 1995.

MATHEW, P.A.; DHANDAR, D.G. CARDOZO MANKURAD - A Breakthrough in Mango (*Mangifera indica* L.) Selection. **Acta Horticulturae**, V.455, p.236-240, 1996.

MILACH, S.C.K. Principais Tipos de Marcadores Moleculares e suas Características. In: Milach, S.C.K., Ed. **Marcadores Moleculares em Plantas**. Porto Alegre: UFRGS, p.17-28. 1998.

MORAES-FERNANDES, M.I.B. DE; STIVAL, A.L.; BRAMMER, S.P.; GRANDO, M.F. **Haplodiploidização: Genética e Melhoramento**. In: Torres, A.C.; Caldas, L.S.; Buso, J.A., Eds. *Cultura de Tecidos e Transformação Genética de Plantas*. V.2. Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-CNPq, p.613-650. 1999.

MUKHERJEE, S.K. The mango - its botany, cultivation, uses and future improvement especially as observed in India. **Economic Botany**, 7 (2):130-162. 1953.

MUKHERJEE, S.K.; MAJUMDER, P.K. & CHATTERJEE, S.S. An improved technique of mango hybridization . **Indian J. Hort.** 18:302-304, 1961.

MUKHERJEE, S.K. Cytology and breeding of mango. **Punjab Horticultural Journal**, 3:107- 115, 1963.

MUKHERJEE, S.K.; MAJUMDER, P.K. & SHARMA, D.K. Present position regarding breeding of mango (*Mangifera indica* L.) in India. **Euphytica**, 17:462-467. 1968.

MUKHERJEE, S.K. Systematic and ecogeographic studies of crop gene pools: 1. *Mangifera* **IBPGR Secretariat**, Rome. 86 p. 1985.

MUKHERJEE, S.K. Introduction, Botany and Importance. In: Litz, R.E., Ed. **The Mango, Botany, Production and Uses**. Wallington: CAB International, 1997. p. 1-19., 1997.

NAIK, K.C. Improvement of the Mango (*Mangifera indica L.*) by selection and hybridisation. **Indian Journal of Agric. Science**, V. 18, p. 35-41. 1948.

NAIK, K.C. & Rao, M.M. Studies on blossom biology and pollination in mangoes (*Mangifera indica L.*) **Indian J. Hort.** 1:107-109, 1943.

NYBOM, H. DNA Fingerpring - A Useful Tool In Fruit Breeding. **Euphytica**, V.77, p.59-64, 1994.

ORTIZ, R. Critical Role Of Plant Biotechnology For The Genetic Improvement of Food Crops Perspective For The Next Millenium. 1998. **Electronic Journal of Biotechnology** at [Http://Www.Ejb.Ucv.Cl/Content/Voll/Issue3/Full/7/Index/Html](http://Www.Ejb.Ucv.Cl/Content/Voll/Issue3/Full/7/Index/Html)

PETERS, J.A.; BOBROWSKI, V.L.; ROSINHA, G.M.S. Produção de Haplóides e Duplohaplóides. In: Torres, A.C.; Caldas, L.S.; Buso, J.A., Eds. **Cultura de Tecidos e Transformação Genética de Plantas**. V.2. Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-CNPq, p.569-611. 1999.

PINTO, A.C.Q.; GENÚ, P.J.C. & RAMOS, V.H.V. Avaliação do crescimento e expressão do sexo de cultivares de manga introduzidas na região dos Cerrados. In: **Congresso Brasileiro de Fruticultura**, 9º, Campinas-SP, 1987, Anais... Campinas, Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1987. V. 2. p. 567-570.

PINTO, A.C.Q. & BYRNE, D.H. Mango hybridization studies in tropical savannah ("Cerrados") of Brazil. **Acta Horticulturae**, 341:98-106, 1993.

PINTO, A.C.Q. Utilização do caráter nanismo na eficiência do melhoramento e da produção da manga. In: **Congresso Brasileiro de Fruticultura**, 13º, Salvador-Ba, 1994. Resumo...Salvador, Sociedade Brasileira de Fruticultura, V. 2, p. 567-570. 1994a.

PINTO, A.C. de Q. Hibridação em Manga. In: Borém, A., Ed. **Hibridação Artificial em Plantas**. Viçosa: UFV, p.357-378. 1994b.

PINTO, A.C.Q. Melhoramento da mangueira (*Mangifera indica L.*) no ecossistema dos Cerrados do Brasil Central por meio da hibridação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, 3:369-374. 1996.

PINTO, A.C. E Q.; FERREIRA, F.R. Recursos Genéticos e Melhoramento da Mangueira no Brasil. In: Queiróz, M.A. de; Goedert, C.O.; Ramos, S.R.R. (Eds.). **Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas para o Nordeste Brasileiro**. (on line). Versão 1.0. Petrolina-PE: Embrapa Semi-Árido/Brasília-DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, novembro 1999. Disponível via Word Wide web <http://www.cpatsa.embrapa.br>. ISBN 85-7405-001-6.

PINTO, A. C. DE Q.; ANDRADE, S.M.R.; Venturoli, S. Estudo sobre habilidade geral de combinação em mangueira (*Mangifera indica* L.). In: **Simpósio Internacional de Manga**, 7º, Recife-Pe, 2002, Resumo...Recife, 2002 (no prelo).

PINTO, A.C. DE Q.; SHARMA, D.K. Programa de Híbridação de Mangueiras na Região de Cerrados Brasileiros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, V.15, N.1, p. 141-146, 1993.

PIZA JR. C. T. A situa o da cultura da mangueira em São Paulo. In: Donadio, L. C.; Ferreira, F. R. (ed.). **Simpósio sobre mangicultura**, 2º, Anais. Jaboticabal, UNESP/FCAVJ, p. 31-46. 1989.

POEHLMAN, J.M; SLEPER, D.A. **Breeding Field Crops**. 4.Ed. Ames: Iowa State University Press, 494p. 1995.

POPENOE, W. **Manual of tropical and subtropical fruits**. The MacMillan Co., New York, 474 p.1939.

PRASAD, A.; SINGH, H. & SHUKLA, T.N. Present status of mango malformation disease. **Indian J. Hort.**, 22:254-265, 1965.

RAFALSKI, J.A.; TINGEY, S.V. Genetic Diagnostics in Plant Breeding: Rapas, Microsatelites and Machines. **Trends-In-Genetics**, V.9, N.8, P.275-280, 1993.

RAM, S.; BIST, L.D.; LAKHANPAL, S.C. and Jamwal, I.S. Search of suitable pollinizers for mango cultivars. **Acta Horticulturae**, 57:253-263, 1976.

RAM, S. Hormonal control of fruit growth and fruit drop in mango cv. Dashehari. **Acta Horticulturae**, 134:169-178. 1983.

RAMASWAMY, N. Survey and isolation of 'Plus Trees' of mango. **Acta Horticulturae**, 231 V.1:93-96, 1988.

RIBEIRO, I.J.A.; ROSSETTO, C.J.; & MARTINS, A.L.M. Seca-da-mangueira. IX Ocorrência de isolado de *Ceratocystis fimbriata* patogênico à cultivar Jasmin de mangueira. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília. 11(2):304.1986a.

RIBEIRO, I.J.A.; ROSSETTO, C.J.; SABINO, J.C. & GALLO, P.B. 1986b. Seca-da-mangueira. VIII Resistência de porta-enxertos de mangueira ao fungo *Ceratocystis fimbriata* Ell & Halst. **Bragantia**, Campinas. 55(1):117-121.

RIBEIRO, I.J.A. Seleção de porta-enxertos de mangueira (*Mangifera indica L.*) resistentes ao fungo *Ceratocystis fimbriata* Ell & Halst. **Tese de doutoramento**, UNESP, Jaboticabal. 115p. 1993.

RIBEIRO, I.J.A.; ROSSETTO, C.J.; DONADIO, A.C.; SABINO, J.C.; MARTINS, A.L.M. & GALLO, P.B. Mango wilt. XIV Selection of mango (*Mangifera indica L.*) rootstocks resistant to the mango wilt fungus *Ceratocystis fimbriata* Ell & Halst. **Acta Horticulturae**. 370:159-166. 1995.

ROSSETTO, C.J.; RIBEIRO, I.J.A.; GALLO, P.B.; SOARES, N.B.; SABINO, J.C.; MARTINS, A.L.M.; BORTOLETTO, N.; PAULO, E.M. Mango Breeding For Resistance to Diseases and Pests. **Acta Horticulturae**, V. 455, P.299-304, 1996.

ROSSETTO, C.J.; RIBEIRO, I.J.A.; GALLO, P.B.; BORTOLETTO, N.; SOARES, N.B.; MARTINS, A.L.M.; SABINO, J.C.; SILVEIRA, L.C.P. Cultivares De Mangueira Resistentes A Pragas E Moléstias. In: **Simpósio Brasileiro De Melhoramento De Frutíferas**, 1., 1997, Jaboticabal. Anais... Jaboticabal: FCAV-UNESP, 1997. p.108-110.

ROSSETTO, C.J.; RIBEIRO, I.J.A.; GALLO, P.B.; MARTINS, A.L.M.; SILVEIRA, L.C.P.; IGUE, T. & SOARES, N.B. Seca-da-mangueira. XVIII Comportamento de variedades de porta-enxerto resistente em dois locais com copa Haden. Resumos do **XV Congresso Brasileiro de Fruticultura**, Poços de Caldas. p.525. 1998.

ROSSETTO, C.J.; FURLANI, P.R.; BORTOLETTO, N.; QUAGGIO, J.A. & IGUE, T. Differential response of mango varieties to Boron. **Acta Horticulturae**. 509(1): 259-264. 1999.

SALVI, M.J. & GUNJATE, R.T. Mango breeding work in the Konkan region of Maharashtra State. **Acta Horticulturae**, 231, V. 1:100-102, 1988.

SCHNELL, R.J.; KNIGHT, R.J. Genetic Relationship Among *Mangifera* Spp. Based on RAPD Markers. **Acta Horticulturae**, V.341, p.86-92, 1994.

SCHNELL, R.J.; RONNING, C.M; KNIGHT, R.J. Identification of Cultivars and Validation of Genetic Relationships in *Mangifera indica* L. Using RAPD Markers. **Theoretical And Applied Genetics**, V.90, p.269-274, 1995.

SCROWCROFT, W.R. Genetic variability in tissue culture; Impact on germplasm conservation and utilization. Rome, IBPGR Secretariat. 41 p. 1984.

SHARMA, D.K. & SINGH, R.N. Studies on some pollination problems in mango (*Mangifera indica* L.). **Indian Journal Hort.**, 27(1/2):15, 1970.

SHARMA, D.K.; MAJUMDER, P.K. & SINGH, R.N. Inheritance pattern in mango. **Proc. Symp. on Recent Advances in Hort.**, U.P. Inst. of Agric. Sci., Kanpur (India), 1972.

SINGH, R.N. Sex ratio and fruit set in mango. **Science**, 119: 389, 1954.

SINGH, R.N. Sex, pollination and post-fertilization problems in mango. **World Crops**, V. 16, p. 24-26. 1964.

SINGH, R.N.; MAJUMDER, P.K. & SHARMA, D.K. Self-incompatibility in mango variety Dashehari. **Current Science**, 31:209. 1962.

SINGH, R.N., MAJUMDER, P.K. & SHARMA, D.K. Sex-expression in mango(*Mangifera indica L.*) with reference to prevailing temperature. **Proceedings of the Amer. Soc. Hort. Sci.** 89:228-229, 1966.

SINGH, R. N. Germplasm resources of mango: their utilization by plant breeders. In: Singh, R. N. & Chomchalow, N. Genetic resources and the plant breeder. Bangkok, **IBPGR**. p. 95-102. 1982.

SINGH, R.N.; GORAKH S.; RAO, O.P.; MISHRA, J.S. Improvement of Banarasi Langra through Clonal Selection. **Progressive Horticulture**, V.17, N.4, p.273-277, 1985.

SINGH, R.N.; SHARMA, D.K.; MAJUMDER, P.K. An Efficient Tecnique of Mango Hybridization. **Scientia Horticulturae**, V.15, p.299-301, 1980.

SKERRITT, J.H. Genetically Modified Plants: Developing Countries And The Public Acceptance Debate. **Agbiotechnet**, V.2, 2000. [Online]. Site: [Http://www.Agbiotechnet/Reviews/Feb00/Html/Skerrit.Htm](http://www.agbiotechnet/reviews/feb00/html/skerrit.htm)

SOARES, N.B. Comportamento de dezenove variedades de mangueira (*Mangifera Indica L.*) na Região de Bebedouro, SP. Jaboticabal: FCAV-UNESP, 1994. 142p. **Tese De Doutorado**.

SOARES FILHO, W. DOS S. & PASSOS, O.S. Melhoramento do limão Tahiti (*Citrus latifolia*, Tanaka): Obtenção de clones nucelares. **Revista Brasileira de Fruticultura**, V. 1, N° 1, p.43-50, 1978.

SOUZA, V.A.B. DE. Genetic studies on quantitative traits in peach. College Station, TX: Texas A&M University, Dissertação de Doutorado. 161 p. 1996.

SOUZA, V.A.B. DE; BYRNE, D.H.; TAYLOR, J.F. Heritability, Genetic and Phenotypic Correlations, and Predicted Response to Selection of Several Quantitative Plant Traits in Peach. **Journal of The American Society for Horticultural Science**, V.123, N.4, p.598- 603, 1998.

SOUZA, V.A.B. DE; LIMA, P.S. DA C.; FERREIRA, M.E. Genetic Analyses of Mango Genotypes by RAPD Markers. In: **Simpósio Internacional de Manga**, 7., 2002, Recife, PE. Resumo.

STUBER, C.W. Mating Designs, Field Nursery Layouts, And Breeding Recors. In: Fehr, W.R; Hadley, H.H., Eds. Hybridization Of Crop Plants. Madison: **American Society of Agronomy**, p. 83-104, 1980.

STURROCK, T.T. Genetics of mango polyembryony. **Proc. of the Florida State Hort. Soc.** 80:350-354, 1968.

TOMER, E.; GAZIT, S.; LAVI, U.; SHOKER, S.; RIPA, M; ZIPORI, I.; SA´ADA, D. Mango Breeding in Israel - Principals and Difficulties. **Acta Horticulturae**, V.455, P.245-251, 1996.

VAVILOV, N.I. The origin, variation, immunity and breeding of cultivated plants. **Chron. Bot.** 13(1/6):1-366, 1950.

WHILEY, A.W.; MAYERIS, P.E.; SARANAH, J.B.; BARTLEY, J.P. Breeding Mangoes for Australian Conditions. **Acta Horticulturae**, V. 341, P.136-145, 1993.

YOUNG, T.W. & LEDIN, R.B. Mango Breeding. **Proc. of the Florida State Hort. Sci.**, 67: 241- 244, 1954.