

EMBRAPA AGROINDÚSTRIA TROPICAL
I SIMPÓSIO NORDESTINO DE GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS
O MELHORAMENTO GENÉTICO NO CONTEXTO ATUAL

28 e 29 de Maio de 2009
Fortaleza, CE

A N A I S

Editado por:

Francisco das Chagas Vidal Neto
Cândida H. C. de Magalhães Bertini
Fernando Antonio Souza Aragão
José Jaime Vasconcelos Cavalcanti

REALIZAÇÃO

Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas – Regional Ceará
Embrapa Agroindústria Tropical

Fortaleza – CE
2009

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação – CIP
Embrapa Agroindústria Tropical

Simpósio Nordeste de Genética e Melhoramento de Plantas (1. : 2009 :
Fortaleza, CE)

O melhoramento genético no contexto atual : Anais / I Simpósio
Nordestino de Genética e Melhoramento de Plantas / editores Francisco das
Chagas Vidal Neto ...[et al.] – Fortaleza : Embrapa Agroindústria Tropical,
2009.

210p.

Realização Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas –
Regional Ceará. Embrapa Agroindústria Tropical.

1.Planta – melhoramento genético – congresso. I.Vidal Neto, Francisco
das Chagas, ed. II. Bertini, Cândida H.C. de Magalhães, ed. III.Aragão,
Fernando Antônio Souza, ed. IV.Cavalcanti, José Jaime Vasconcelos, ed.
V.Título.

CDD 631.53



Vitor Hugo de Oliveira
Chefe Geral

Andréia Hansen Oster
Chefe Adjunto de P&D

Lucas Antônio de Souza Leite
Chefe Adjunto de Comunicação e Negócios

Cláudio Rogério Bezerra Torres
Chefe Adjunto de Administração



**Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas
Regional Ceará**

Dr. José Jaime Vasconcelos Cavalcanti
Presidente

Prof^a Cândida Hermínia C. de Magalhães Bertini
Secretária

Dr^a Patrícia do Nascimento Bordallo
Tesoureira

COMISSÃO ORGANIZADORA

COORDENADORES

José Jaime Vasconcelos Cavalcanti

Francisco da Chagas Vidal Neto

Cândida H. C. de Magalhães Bertini

COLABORADORES

Raimundo Nonato de Lima

Marco Aurélio da Rocha Melo

Arilo Nobre de Oliveira

Flavio Marcus Falcão Graça Junior

Nicodemus Moreira dos Santos Junior

Francisco Williams de Oliveira

Everton Rabelo Cordeiro

Francisco Herbeth Costa dos Santos

Tomil Ricardo Maia de Sousa

Francisco Tiago Cunha Dias

Nathália Dias de Oliveira

Frederico Inácio Costa de Oliveira

Eveline Nogueira Lima

Maria Emília Bezerra de Araújo

APRESENTAÇÃO

O melhoramento de plantas no Brasil é desenvolvido por diversas instituições de pesquisa e ensino, abordando várias espécies, e tem apresentado expressivas contribuições à sociedade, de importância econômica e social. Os avanços no desenvolvimento científico e tecnológico, e o dinamismo das cadeias produtivas introduzem constantes desafios e novos conhecimentos a serem incorporados nas atividades de pesquisa em genética e melhoramento, demandando uma atualização sistemática dos profissionais envolvidos. Esse processo envolve a formação, qualificação e integração de capacidades, para o pleno alcance com maior eficácia dos objetivos dos programas de melhoramento.

A Sociedade Brasileira do Melhoramento de Plantas (SBMP), entidade sem fins lucrativos, foi fundada em 1999, portanto, está completando dez anos de atuação e relevantes serviços prestados à comunidade científica do Brasil. Hoje conta com mais de 600 sócios e um dos seus principais objetivos é fomentar a criação de regionais nos diversos estados da união, para congrega e fortalecer de forma mais expressiva os melhoristas brasileiros de plantas. Atualmente foram constituídas seis regionais, sendo a Regional Ceará, a primeira e, até então, a única representante do Nordeste, fundada em 2007, por incentivo do atual presidente da SBMP, Prof. Magno Antônio Patto Ramalho.

Contando com esse apoio, juntamente com o da chefia da Embrapa Agroindústria Tropical, a regional Ceará aceitou o desafio de promover o I Simpósio Nordestino de Genética e Melhoramento de Plantas, o primeiro pela SBMP, com o objetivo de reunir estudantes de graduação e pós-graduação e profissionais, de instituições públicas e privadas, e fomentar a atualização, integração e intercâmbio de informações, estimulando as pesquisas na área e a interação de projetos de interesse comum. Este evento já é o 5º esforço para congrega os melhoristas da região. O primeiro deles foi em 1971, em Salvador-BA, incentivado pelo Prof. Paterniani da ESALQ, seguido de Aracaju-SE, Cruz das Almas-BA, e por último, Petrolina, PE, em 1998, organizado pelo Prof. Manoel Abílio. Entretanto, já se passaram 11 anos, demonstrando a necessidade de incentivos para a realização sistemática deste evento.

Agradecemos a todos que colaboraram para a realização deste encontro e esperamos que os esforços despendidos sejam revertidos em benefício do desenvolvimento da ciência e tecnologia brasileiras, sobretudo, na formação de novos melhoristas e novas regionais.

Comissão Organizadora

ÍNDICE

Melhoramento genético de plantas no brasil: passado, presente e futuro	1
Recursos genéticos vegetais no nordeste brasileiro	8
Feijão-caupi: melhoramento genético, resultados e perspectivas	25
Melhoramento genético de hortaliças no Brasil: retrospectiva e perspectivas.....	60
Avanços, desafios e novas estratégias do melhoramento genético do cajueiro no Brasil.....	83
Melhoramento do algodoeiro	102
Melhoramento genético do melão	121
O melhoramento genético do mamoeiro: avanços, desafios e perspectivas	151
Melhoramento genético da videira: avanços, desafios e perspectivas	181

MELHORAMENTO DO ALGODOEIRO

Francisco das Chagas Vidal Neto¹ e Eleusio Curvelo Freire²

1. INTRODUÇÃO

O algodoeiro é uma das espécies cultivadas mais antigas e importantes para a humanidade, sendo responsável pelo sustento de milhões de pessoas em todo o mundo. É uma planta de origem tropical, bastante versátil e de grande adaptação, sendo encontrada nos mais diversos locais, na forma selvagem, e cultivada sob as mais diversas condições de solo e clima. Sua exploração econômica ocorre entre as latitudes 47N e 32S e altitudes de até 1000m, fato este que lhe confere a posição de uma das culturas de maior dispersão no mundo e faz com que o seu plantio e colheita ocorram durante o ano todo. Por sua resistência à seca é especialmente importante para as regiões semi-áridas do planeta. Tudo isso faz com que o cultivo do algodoeiro seja uma atividade de grande relevância econômica e social que está presente em mais de 100 países, ocupando aproximadamente 2,5% das terras agricultáveis do mundo (UNCTAD, 2005; Brubaker et al., 1999; Valderrama, sd).

A produção de algodão está concentrada em poucos países, de modo que os seis principais produtores são responsáveis por 75% do total. O mercado mundial de algodão movimenta anualmente, aproximadamente 20 bilhões de dólares, com uma produção atual (2009) estimada em 108,3 milhões de fardos, abrangendo uma área de 30,9 milhões de hectares. O Brasil ocupa o quinto lugar em volume de produção, com uma área plantada de 848 mil hectares e a maior produtividade mundial de sequeiro, tendo como maiores produtores, os estados do Mato Grosso, Bahia e Goiás (National..., 2009; Meyer, et al., 2009).

Atualmente, 59% da produção brasileira são oriundos da região Cento-oeste e 38% da região Nordeste, sendo que, aproximadamente 98% desta última ocorrem na ecoregião do Cerrado. A maior produtividade está no estado do Mato Grosso do Sul, onde se produz 1570kg/ha de fibra e 4050kg/ha de algodão em caroço.

O produto principal do algodoeiro é a fibra, que tem 94% de celulose em sua composição, representa 30-45% da produção total, e corresponde à fibra natural mais consumida no mundo, abastecendo 50% do mercado mundial de fibras têxteis (Santos et al., 2008). Além disso, podemos dizer que o algodoeiro é uma planta de aproveitamento integral (Fibra, semente,

¹ Pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Rua Dra. Sara Mesquita, 2270, Pici, Fortaleza, CE, 60511-110. E-mail: vidal@cnpat.embrapa.br

² Eng. Agr. da Cotton Consultoria. E-mail: eleusiofreire@hotmail.com

planta), sendo usada ainda como matéria prima na indústria têxtil, alimentícia, de ração animal, de cosméticos, farmacêutica, de celulose, entre outras, o que resulta em uma cadeia produtiva das mais longas e complexas. Atualmente, o óleo representa uma importante alternativa para a produção de energia baseada no biodiesel.

A fibra é comercializada de acordo com suas características físicas intrínsecas e extrínsecas, classificadas atualmente pelo HVI (High Volume Instrument), em conformidade com a legislação vigente, o que permite reduzir a subjetividade da classificação manual/visual e oferece outras determinações adicionais importantes para a classificação. Mesmo assim, a classificação manual/visual ainda continua sendo realizada. Essas características são fundamentais para os processos têxteis e determinantes na comercialização.

A produção de algodão, que já foi muito grande no Nordeste e Sudeste, deslocou-se para o centro-oeste, alimentada por um modelo agrícola com base empresarial situado em grandes propriedades, altamente tecnificado e mecanizado, com altas produtividades, alavancado, principalmente pelo clima, solo e topografia favoráveis, possibilitando a mecanização completa da cultura. A partir daí, a cotonicultura nacional sofreu grandes mudanças tecnológicas, movidas pela competitividade imposta pela globalização dos mercados, alterando completamente a distribuição espacial da produção.

De acordo com o cenário atual da cotonicultura nacional, as demandas de pesquisa podem ser mais apropriadamente estabelecidas, com base em três vertentes:

- a) Cotonicultura do cerrado: busca-se, em linhas gerais, melhorar a qualidade, reduzir os custos de produção e os riscos fitossanitários, por meio do aumento do rendimento de fibra, melhoria do controle fitossanitário e das qualidades intrínsecas e extrínsecas da fibra;
- b) Cotonicultura do sul e sudeste: aumento da rentabilidade por meio da melhoria na produtividade, precocidade, rendimento e qualidade da fibra, e do controle fitossanitário;
- c) Cotonicultura do Nordeste semi-árido: aumento de produtividade, precocidade e do rendimento de fibra, tolerância à seca, adaptação ao semi-árido (solos e irregularidades climáticas), agregação de valor, por meio da produção orgânica, de fibras com características especiais (colorida e/ou longa) ou sementes sem gossipol.

A melhoria da qualidade da fibra é uma demanda comum a todos os sistemas, como decorrência da modernização e dos avanços tecnológicos constantes, para o aumento de produtividade dos processos têxteis, exige uma constante atualização dos objetivos dos projetos de melhoramento genético para lançamento de cultivares.

2. ORIGEM E CLASSIFICAÇÃO BOTÂNICA

O algodoeiro cultivado é uma planta pertencente ao gênero *Gossypium*, da tribo Gossypieae, e da família das malváceas. Segundo Fryxell (1992) e Endrizzi et al. (1985), esse gênero possui 50 espécies, distribuídas nas regiões áridas e semi-áridas da África, Austrália, Americas, Índia, Arábia, Galápagos e Havaí, sendo 45 diplóides ($2n = 2x = 26$), diferenciadas citogeneticamente nos grupos genômicos A, B, C, D, E, F, G e K, e cinco alotetraplóides ($2n = 4x = 52$). Embora essa referência seja a mais citada na literatura há, entretanto, divergências quanto ao número de espécies, em função de discordâncias quanto ao enquadramento taxonômico de algumas destas, resultando em referências a 43 (Smith, 1995), 49 (Percival et al., 1999; Brubaker et al., 1999), 50 (Fryxell, 1992), 51 (Wallace, et al. 2008) e 52 espécies (Carvalho, 2008).

As origens espacial e temporal do gênero *Gossypium* não estão bem esclarecidas, entretanto sabe-se que as referências remontam a milhões de anos, e que os centros primários de diversidade compreendem o sul do México (genoma D), a Austrália (genomas C, G e K) e o nordeste da África e Ásia (A, B, E e F) (Office..., 2008; Cronn, et al., 2002). Com base no maior número de grupos genômicos diplóides associados, Saunders (1961) propõe que a África Central seja o centro de origem desse gênero.

As espécies diplóides diferenciaram-se há aproximadamente 5 a 10 milhões de anos, enquanto a poliploidização, acredita-se tenha ocorrido há um a dois milhões de anos. As espécies alotetraplóides originaram-se a partir da hibridação interespecífica entre ancestrais africanos de espécies pertencentes ao genoma A e americanos do genoma D (Brubaker et al., 1999; Wendel & Cronn, 2003).

De todas as espécies, apenas quatro são cultivadas, para a produção do algodão, ou seja, duas alotetraplóides oriundas do Novo Mundo: *Gossypium hirsutum* L. (90%), *G. barbadense* L. (8%), e duas diplóides oriundas do Velho Mundo: *G. arboreum* L. e *G. herbaceum* L. (2%) (Penna, 2005; Zhang, 2008). A palavra “algodão” refere-se a essas espécies e é oriunda da palavra “quoton”, que em árabe está relacionada à produção de fibras nas sementes (Lee, 1984).

A espécie *G. hirsutum*, que deu origem à maioria das variedades de algodão cultivadas no mundo, é representada no Brasil pelas raças: *G. hirsutum* r. *latifolium* Hutch (algodoeiro herbáceo), e *G. hirsutum* r. *marie galante* (Watt) Hutch (algodoeiro Mocó). A espécie *G. barbadense* possui centro de origem no Norte do Peru e no Sul do Equador, e ocorre no Brasil na forma semi-domesticada representada pelas variedades botânicas *G. barbadense* var. *brasiliense* (Rim-de-boi) e *G. barbadense* var. *barbadense* (Quebradinho). Por ser centro de distribuição

dessas duas espécies e centro de origem da espécie *Gossypium mustelinum* o Brasil possui grande variabilidade dos algodoeiros tetraplóides (Freire, 2000).

3. GERMOPLASMA

O conhecimento da diversidade genética do Gênero *Gossypium* e sua distribuição geográfica no Brasil são de grande importância para o melhoramento genético, assim como para a preservação do repositório gênico nela representado, servindo também para orientar as políticas de conservação e utilização destes recursos e a comercialização de cultivares transgênicas. O desenvolvimento de cultivares de pluma colorida é um exemplo bem evidente do uso da variabilidade genética de populações naturais para a geração de produtos de maior valor agregado.

O germoplasma de uma espécie corresponde a todo o acervo de genes, contido no conjunto de genótipos que a constituem, e representa a fonte de variabilidade genética potencialmente disponível para o melhoramento. No gênero *Gossypium*, ao qual pertence o algodoeiro, esta variabilidade é enorme, tendo em vista o grande número de espécies e variedades botânicas presentes, resultando em uma imensa variação de porte, ciclo, cores, formas, tamanho, características, densidade e presença de estruturas especiais, na planta e em suas estruturas vegetativas e reprodutivas. Todo esse reservatório de genes encontra-se à disposição dos melhoristas a partir de coleções mantidas em Bancos de Germoplasma.

Todo o germoplasma mundial mantido em coleções organizadas possui 49 mil registros, com muitas duplicações, certamente (FAO, 1996). As maiores coleções mundiais de algodão encontram-se nos Estados Unidos, China, Índia, França e Brasil (Dessau & Hau, 2006).

A Embrapa recursos genéticos possui, na COLBASE de *Gossypium*, um acervo de 3181 acessos, compreendendo 41 espécies, sendo 71% de *G. hirsutum* e 17% de *G. barbadense* e 7% de *G. arboreum* (Fonte: base de dados Sibrargen, 2009). O BAG da Embrapa Algodão conta com 4361 acessos, entre os quais, 40,4% são de *Gossypium hirsutum* e 36% de *Gossypium barbadense*, além de outras espécies, obtidos por meio de intercâmbio com diversas instituições nacionais e internacionais, e coletas. Esses acessos são ampliados por meio de novas introduções, coletas ou intercâmbio (Vidal Neto, 2008). Somente no período de 2004 a 2005, foram realizadas 23 expedições de coleta, em 20 estados brasileiros, incorporando mais 1800 acessos (Barroso, 2009 - informação pessoal).

Trabalhos recentes de Carvalho, et al. (2007), Vidal Neto, et al. (2008) e Ribeiro (2008) confirmam a expressiva variabilidade contida no BAG da Embrapa Algodão.

Outras instituições no Brasil contam também com expressivas coleções, a saber: IAC, EPAMIG, IAPAR e COODETEC/CIRAD (Penna, 2005).

Apesar do grande potencial que representam para melhoramento de características da fibra e resistência a estresses bióticos e abióticos, entre outros, os recursos genéticos ainda não têm sido devidamente explorados pelos programas de melhoramento do Brasil (Freire, 2000). O autor cita os seguintes eventos como importantes ações de uso dos recursos genéticos, no Brasil: desenvolvimento de cultivares a partir da seleção direta em germoplasma nativo de algodoeiro Mocó; lançamento da cultivar BRS 113 – 7MH, oriunda de cruzamento interracial entre os algodoeiros mocó (*G. hirsutum marie galante*) e herbáceo (*G. hirsutum latifolium*); desenvolvimento da população de base ampla SRI3 da qual se originaram muitas cultivares plantadas no cerrado do Brasil; obtenção de cultivares de algodoeiro anual com a participação de *G. herbaceum* var *africanum* e *G. hirsutum* var *yucatanense*; assim com a obtenção de populações híbridas entre *G. mustelinum*, *G. barbadense*, *G. hirsutum marie galante* e algodoeiros anuais. Mais recentemente, outras populações de base ampla têm sido geradas pelo projeto de melhoramento do algodão no Brasil, conduzido pela Embrapa Algodão, a partir de cruzamentos entre genótipos dos algodoeiros mocó, herbáceo e barbadense.

4. BIOLOGIA FLORAL E REPRODUÇÃO

O algodoeiro cultivado no mundo é representado por quatro espécies, que apresentam variações quanto a alguns aspectos da biologia floral e reprodutiva. Portanto, como o algodoeiro herbáceo produz 90% da fibra consumida no mundo, serão abordadas apenas a sua biologia e reprodução.

A sequência fenológica das estruturas reprodutivas do algodoeiro está relacionada com o genótipo e as condições agroecológicas, podendo ser representada pelos seguintes eventos: botão floral, flor, maçã e capulho.

Nas condições do Nordeste brasileiro, os botões florais iniciam-se em torno dos 30 dias após a emergência. Como resultado do desenvolvimento desses botões surgem as flores, após 15 dias, aproximadamente. Estas são completas, pedunculadas, isoladas, envolvidas por três brácteas com variações quanto ao número de dentes, hermafroditas, com cinco pétalas separadas e de cor creme a amarela, e sépalas unidas. A floração poderá se estender até próximo à abertura dos capulhos.

As flores abrem-se no início da manhã e a fecundação ocorre logo nas primeiras horas. Após a fecundação, as pétalas mudam de cor, tornando-se rosadas no final da tarde e evoluindo para o murchamento e queda, dias após. A partir daí inicia-se a formação da maçã (Fruto

imaturo), que atinge a maturação e abertura, aos 90 dias após a emergência, aproximadamente, passando a ser chamada de capulho.

O algodoeiro é uma planta com sistema reprodutivo considerado misto, também denominado parcialmente autógamo, por Crisóstomo (1989), devido à ocorrência simultânea de autofecundação e cruzamento natural de origem entomófila. A taxa de alogamia é muito variável, havendo referências desde 2%, até 100%, dependendo da população e ação de insetos vetores, notadamente a abelha *Aphis mellífera* L. (Mangueira, 1971; Moresco, 1999; Sanchez Junior. & Malerbo-Souza, 2004).

O controle da polinização (autopolinização e cruzamentos) é bastante simples e de fácil execução. A autopolinização consiste na proteção do botão floral, conta a abertura e eventual visita dos insetos, o que pode ser conseguido com o uso de sacos de papel, barbante de algodão, fio de cobre, ou cliques para papel. Para a realização dos cruzamentos, as flores que receberão o pólen são emasculadas e protegidas na tarde anterior à abertura, polinizadas na manhã seguinte com pólen do doador masculino e protegida novamente para evitar contaminação.

O conhecimento do sistema reprodutivo e da taxa de alogamia do é de fundamental importância para escolha do método de melhoramento a ser usado, bem como para a manutenção da pureza dos genótipos.

5. MELHORAMENTO NO BRASIL

O melhoramento do algodoeiro no Brasil foi iniciado em 1921, quando foi reativado no Ministério da Agricultura, o Serviço Federal do Algodão com os objetivos de dar assistência técnica aos agricultores, estimular o melhoramento das variedades, proceder a estudos dos solos e do clima, incentivar a criação de campos experimentais e, por fim, desenvolver o estudo das pragas e doenças do algodoeiro, para permitir o seu combate. Em 1924, o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) iniciou os trabalhos de melhoramento genético do algodoeiro. Nesta época foram iniciados também os programas de melhoramento do algodoeiro herbáceo e arbóreo no Maranhão, Paraíba, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Ceará e Sergipe, nas estações experimentais de Coroatá no Maranhão, Cruzeta no Rio Grande do Norte, Pendência no município de Soledade na Paraíba, Surubim e Serra Talhada em Pernambuco, Santo Antonio do Pitaguari, município de Maranguape no Ceará e, Quissamã em Sergipe.

Em 1930 já existia uma adequada rede de pesquisa e melhoramento do algodoeiro no Brasil, sob a coordenação do Serviço Federal e dos Serviços Estaduais de Algodão, principalmente nos Estados do Maranhão (Estação experimental de Coroatá), Pernambuco (Estações experimentais de Surubim para o algodoeiro anual e de Serra Talhada para o

algodoeiro arbóreo), Rio Grande do Norte (Estações experimentais de Cruzeta e a Fazenda São Miguel, em Angicos, mantida pelas Linhas Corrente, para o algodoeiro arbóreo), Ceará (Estação experimental de Santo Antonio do Pitaguari, município de Maranguape), Sergipe (Estação experimental de Quissamã), Minas Gerais (Estação experimental de Sete Lagoas) e em Campinas na Seção do Algodão do Instituto Agrônomo de Campinas (Moreira e Santos, 1994). A maioria destas Estações experimentais funcionou até a década de oitenta, quando o bicudo do algodoeiro foi introduzido no Brasil, levando à derrocada do algodoeiro arbóreo e a desativação da maioria dos programas de melhoramento desta cultura no Nordeste. Destes programas, apenas o da Embrapa Algodão, antes desenvolvido na E.E. de Surubim, PE, foi transferido para a E.E. de Barbalha, CE; e o da Seção de Algodão do IAC, em Campinas, SP, ainda funcionam, sem interrupção.

Nas décadas de oitenta e noventa, os trabalhos de melhoramento do algodoeiro executados no Cerrado do Centro-Oeste eram restritos a avaliação de cultivares desenvolvidas pelo IAC, IAPAR e Embrapa Algodão, oriundas dos Estados de São Paulo, Paraná e Nordeste do Brasil. As cultivares que apresentavam comportamento produtivo superior eram indicadas para plantio, e procurava-se adquirir sementes produzidas nos Estados de origem para distribuição aos produtores do Centro-Oeste (Freire, 1998).

Em 1989 foi estabelecido um convênio entre a Embrapa – Centro Nacional de Pesquisa de Algodão e a Itamarati Norte, com o objetivo de geração de tecnologia para a exploração do algodão no Cerrado de Mato Grosso, incluindo a introdução e avaliação de cultivares e melhoramento do algodoeiro de fibras médias e longas (Freire et al. 1989).

A partir de 1995, novas empresas de melhoramento passaram a investir no cerrado. No início foram a Fundação Mato Grosso, em parcerias com a Embrapa Algodão, com o Instituto Agrônomo de Campinas e com o Instituto Agrônomo do Paraná, e a COODETEC, em parceria com o CIRAD, da França. Posteriormente, vieram a Bayer CropScience, que associou-se a CSD-Csiro da Austrália; a Delta and Pine Land Co, que associou-se ao Grupo Maeda, criando a MDM para produção e distribuição de suas sementes no cerrado; e por fim a Monsanto através da compra da Stoneville, que já atuava no município de Primavera do Leste, MT.

O advento da lei de proteção de cultivares atraiu as empresas privadas para o mercado brasileiro de cultivares de algodão, aumentando o número de programas de melhoramento no Brasil. Segundo Freire et al. (2007), além da Embrapa, três instituições públicas (EPAMIG, IAC e IAPAR) e cinco privadas (Delta Pine & Land Co, Stoneville, Bayer CropScience, COODETEC e Fundação MT) possuíam programas de pesquisa estruturados, no Brasil. Atualmente este panorama já se modificou, porque a Monsanto comprou a Deltapine e a MDM e o IMA-Instituto

Mato grossense do Algodão comprou o programa de melhoramento da Coodetec, e a LD Melhoramento associou-se a Cooperfibra de Campo Verde-MT.

6. OBJETIVOS DO MELHORAMENTO

Os programas de melhoramento buscam selecionar características e estabelecer padrões que atendam às demandas da cadeia produtiva e, para isso precisam ter objetivos definidos em suas diretrizes. Embora os seus objetivos difiram de acordo com a espécie e o propósito do melhoramento, alguns são comuns a todos os programas por estarem relacionados com características básicas, de interesse geral, como: aumento de produtividade, adaptação ambiental, aumento da qualidade do produto e resistência a pragas e doenças. Outros objetivos são mais específicos por estarem associados às características da cultura em foco, ao sistema de produção, à região, ou à cadeia produtiva, e precisam ser bem definidos.

Segundo Freire et al. (2008), os programas de melhoramento do Brasil, assim como os de outros países produtores possuem como objetivos comuns, o aumento de produtividade e do rendimento de fibra, e a obtenção de fibras mais finas, resistentes e uniformes. Mais especificamente para o Brasil, alguns padrões mínimos são estabelecidos para essas variáveis, como: precocidade do ciclo entre 110 a 140 dias, rendimento de fibra superior a 40%, finura da fibra com índice micronaire entre 3,6 e 4,2, resistência maior que 28gf/tex, e uniformidade de comprimento maior que 84%. Após a liberação do cultivo comercial de algumas variedades transgênicas, a incorporação de genes de resistência a pragas e herbicidas nos materiais elites disponíveis no país, também passou a ser prioridade.

Para o Nordeste, onde o algodoeiro é cultivado em dois ecossistemas distintos: os cerrados da Bahia, Piauí e Maranhão e o semi-árido (Agreste e Caatinga), compreendendo os demais estados, tem-se que considerar as peculiaridades de cada região, por serem bastante diferentes e com características específicas apresentando demandas diferenciadas em relação às cultivares.

Nos cerrados da Bahia, Piauí e Maranhão, praticam-se agricultura empresarial de grande escala, empregando um sistema intensivo de produção de algodão de fibra média, totalmente mecanizado e com elevadas produtividades, semelhantemente ao cerrado da região centro-oeste. As demandas gerais são por cultivares de ciclo precoce e médio; resistência às doenças: ramulose, mancha-de-ramulária, mancha-de-stephylium, mancha-de-alternária, bacteriose e antracnose; resistência ou tolerância ao bicudo-do-algodoeiro, curuquerê, lagarta-das-maçãs, lagarta-do-cartucho do milho, pulgão e mosca-branca. No semi-árido, caracterizado pela predominância da exploração familiar, a demanda é por tolerância à seca, ciclo precoce ou semi-perene, adaptação às condições edafoclimáticas locais (chuvas irregulares, solos alcalinos, rasos

e pedregosos, resistência ao bicudo e características especiais como: fibra coloria, fibra longa, ausência de Gossypol nas sementes, aumento do teor de óleo (Freire, et al., 2007 e Vidal Neto e Carvalho, 2007).

7. MÉTODOS DE MELHORAMENTO

Como o algodoeiro é uma espécie com alogamia parcial, as cultivares não são desenvolvidas como linhas puras, e os métodos de melhoramento usados possuem particularidades dos métodos de autógamias, assim como dos de alógamas. Um grau moderado de heteroziguidade é necessário para prover heterose e manter o nível de produtividade elevado. O objetivo é purificar as linhagens o suficiente para obter uniformidade, conservando um nível de heteroziguidade adequado para manter as plantas vigorosas e produtivas (Poehlman & Sleper, 1995). Assim, as linhagens devem ser uniformes para os caracteres morfológicos, resistência a pragas e doenças, e características da fibra, manter o vigor híbrido e ter ampla adaptação ecológica.

Apesar de suas flores hermafroditas, a fertilização do algodoeiro resulta da combinação da autofecundação e do cruzamento natural, dependendo da incidência de insetos, como vetores de pólen. Dada a dependência do fluxo gênico realizado por insetos polinizadores, a ausência de um sistema reprodutivo bem definido fez com que os métodos de condução das populações segregantes, utilizados em programas de melhoramento de algodão, apresentem particularidades dos métodos praticados em culturas autógamias (como a soja), assim como de alógamas (como o milho). Contudo, os processos de hibridação, de avaliação e de seleção são similares.

Geralmente, como para qualquer cultura, utiliza-se no algodoeiro, a hibridação como forma de explorar e ampliar a variabilidade genética e, então, aplica-se um das formas de condução da população segregante seja o método do *bulk*, *bulk* dentro de família ou genealógico. Seleção recorrente e retrocruzamento também são usados, sendo o primeiro para melhoramento populacional e o segundo para incorporação de poucos genes específicos.

Os métodos de melhoramento do algodoeiro são agrupados em seleção massal, seleção genealógica, seleção pedigree-massal, seleção recorrente, hibridação, retrocruzamento e uso do vigor híbrido (Gridi Papp, 1969; Freire, 1983; Niles & Feaster, 1984; Lee, 1987).

A seleção genealógica, também conhecida como seleção individual, seleção de pedigree e seleção de progênies é o principal método empregado na maioria dos programas de melhoramento do algodoeiro e consiste na seleção individual de plantas, baseando-se nas características fenotípicas, com estudo posterior das progênies, conduzidas predominantemente sob autofecundação artificial. Plantas superiores são eleitas nas melhores progênies, estudando-

se comparativamente sua descendência, até optar-se por uma linhagem superior, que será multiplicada como a nova cultivar. Essa metodologia é aplicada tanto em populações com pouca variabilidade como em populações segregantes, derivadas de hibridações intra e interespecíficas (Crisóstomo, 1989).

As cultivares melhoradas podem ser originadas de uma única planta, ou da mistura de linhagens ou progênies superiores, denominadas de *bulk*. Em populações segregantes, a seleção inicia-se na geração F2 para caracteres de alta herdabilidade, e a partir da F3, para os demais caracteres, em condições de autofecundação artificial. Nas seleções posteriores (F4 a F8), o incremento de semente genética e a manutenção de cultivares são efetuados sob polinização natural mas, freqüentemente, em condições de semi-isolamento, ou seja, em campos isolados de outras cultivares por barreiras de porte alto (milho, sorgo, crotalaria júncea ou vegetação nativa), permitindo-se a proximidade de genótipos aparentados (Gridi-Papp, 1969; Poelhman, 1979; Niles & Feaster, 1984; Lee, 1987).

No melhoramento do algodoeiro herbáceo, embora predomine a autofecundação (feita 3 a 4 vezes durante o programa), foram introduzidas modificações, possibilitando o emprego da recombinação intrapopulacional durante a seleção. Várias cultivares foram obtidas por esse método (Boulangier, 1971; Freire, 1978; Crisóstomo et al., 1983a, 1983b).

O modelo de seleção genealógica usado pela Embrapa está apresentado na Figura 1.

Apesar do progresso obtido por meio da seleção genealógica, várias críticas relacionadas à redução da performance das populações selecionadas, da adaptabilidade e a depressão endogâmica, decorrentes da intensificação do processo de autofecundação, exigiram modificações no esquema original (Harland, 1944; Hutchinson, 1940; Meredith, 1979; Simpson & Duncan, 1953; Vellasco, 1932).

Para corrigir essas falhas, vários autores têm recomendado modificações no esquema original, destacando-se os seguintes:

- Uso da seleção genealógica a partir de cruzamentos triplos padronizados.
- Uso da seleção recorrente nas populações iniciais (F2, F3, F4, F5) seguida da seleção genealógica nas gerações avançadas.
- Condução das populações híbridas F2 a F4 ou F5, pelo método da população (*bulk*), colhendo-se apenas uma maçã/planta, seguido de seleção genealógica nas gerações F5 e F6.
- Identificação de parentais, F1 e F2 superiores por meio de cruzamentos dialélicos, seguidos do intercruzamento das populações superiores para quebra de ligamentos e aplicação da seleção genealógica nas gerações F3 a F5 (Joshi, 1979; Meredith, 1979; Freire, 1983).

O método denominado seleção pedigree-massal, adotado inicialmente por Harland (1944), e que consiste na seleção individual de plantas, no estudo das progênies sob polinização livre e

na mistura das melhores para formar uma nova população denominada *bulk*, repetindo-se o processo, favorece a recombinação durante a seleção.

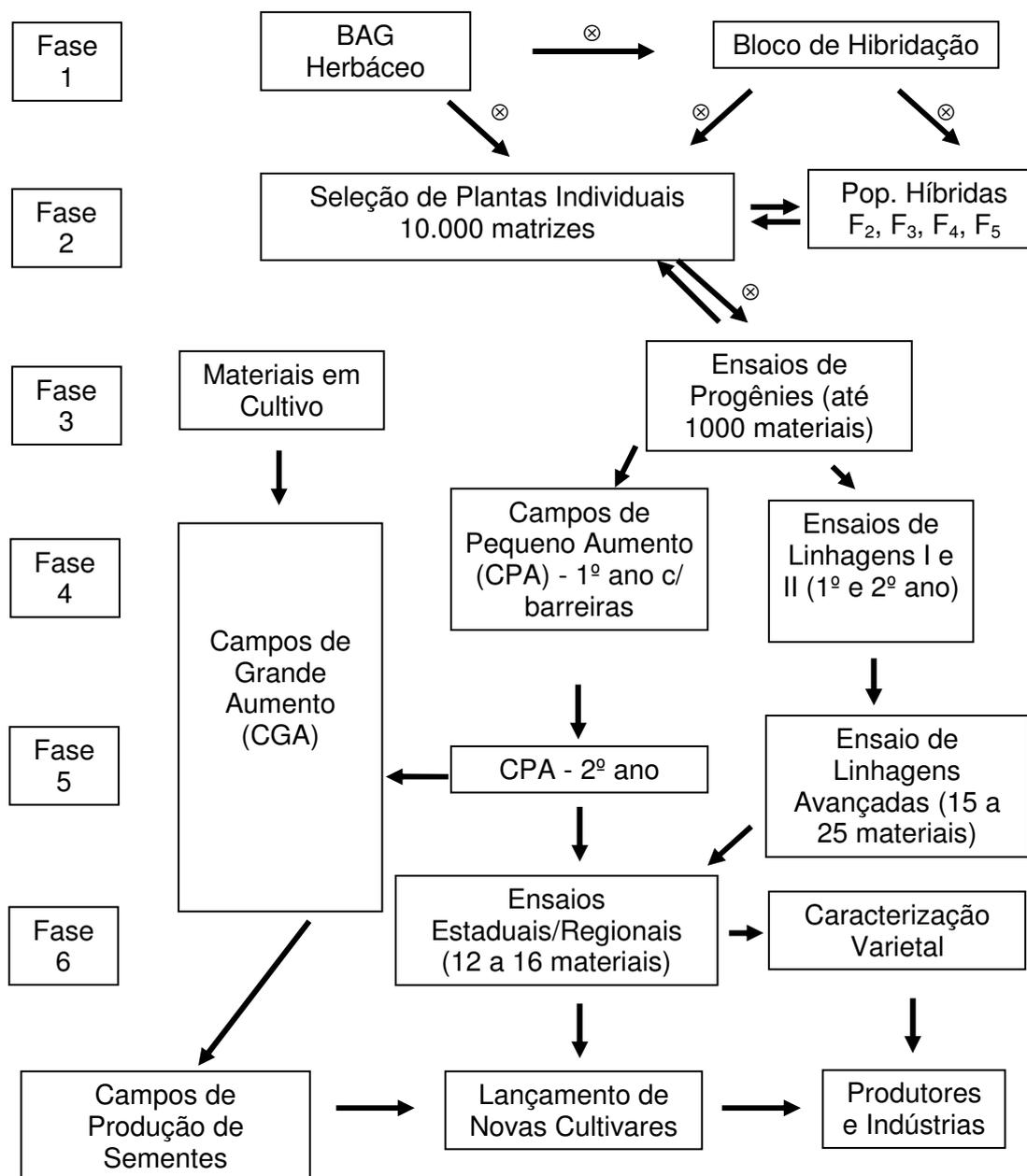


Figura 1 - Esquema geral do programa de melhoramento do algodoeiro para as condições do Cerrado desenvolvido pela Embrapa Algodão (Freire et al, 2007).

Alguns autores sugeriram o inter cruzamento artificial dentro de populações, visando à quebra de ligações genéticas indesejáveis, para reduzir as correlações desfavoráveis entre os caracteres econômicos, como produtividade e qualidade de fibra, aumentando a eficiência da resseleção dentro de cultivares (Meredith; Bridge, 1971; Meredith, 1979).

Em algumas regiões, onde a taxa de cruzamento natural predominante no algodoeiro cultivado tem resultado em variabilidade visível, facilitado a quebra de ligações indesejáveis, a prática da resseleção em cultivares comerciais de algodoeiro, pode ser realizada com sucesso (Meredith, 1979). O Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), por exemplo, tem usado a resseleção no melhoramento de várias das suas cultivares de algodão, com melhoria dos caracteres tecnológicos de fibras e da resistência a doenças.

O método de retrocruzamento é útil para a incorporação de poucos genes específicos em cultivares comerciais, com a recuperação da cultivar recorrente. Teoricamente, a seleção para outros caracteres, além do gene introduzido, não é necessária, apesar de praticada. Uma modificação do método do retrocruzamento consiste na introdução de mais de um caráter ou na transferência de caracteres de herança quantitativa. Um inconveniente observado nesse método têm sido os efeitos adversos da introdução de alguns genes sobre as propriedades de fibras. Esse método tem sido largamente usado na transferência de genes para resistência a doenças, e na obtenção de cultivares transgênicas.

Intuitivamente, a seleção recorrente e a seleção massal ainda são associadas ao melhoramento de plantas alógamas. Contudo, na prática, já são uma alternativa viável para espécies autógamas ou parcialmente autógamas, como no caso do algodoeiro.

A seleção massal é geralmente usada para a rápida melhoria de alguns caracteres de alta herdabilidade numa população, ou na manutenção de cultivares melhoradas. A seleção massal simples consiste em se escolher, numa população básica, certo número de plantas consideradas do tipo ideal, para multiplicação conjunta. Geralmente, essa escolha é feita por seleção visual e as plantas selecionadas são misturadas para plantio no ano seguinte. Esse método tem sido usado, também, na fase de acabamento em algumas cultivares de algodão. Nesse caso, deseja-se obter uniformização para algum caráter morfológico, como altura de planta, forma de maçã, cor do pólen ou pétala, bráctea frego, folha *okra* ou pilosidade. A Embrapa Algodão também usou esse método no acabamento de cultivares de algodoeiro-mocó no Nordeste do Brasil (Freire, 1983).

Os métodos de seleção recorrente foram designados para a melhoria da população, pelo aumento da frequência de genes desejáveis, para o caráter sob seleção, para manutenção da variabilidade genética, visando ao melhoramento contínuo e à oportunidade de seleção de genótipos superiores em qualquer ciclo (Hallauer & Miranda Filho, 1981).

A seleção recorrente tem como pressupostos: o uso de uma população de base genética ampla; que o germoplasma incluído, o foi por seleção; o uso da seleção cíclica para aumentar a frequência de genes favoráveis para os caracteres em seleção; e que as populações são possíveis fontes de novas cultivares melhoradas.

Diversos autores têm sugerido e usado métodos modificados de seleção recorrente em algodão, principalmente visando à utilização posterior de seleção genealógica (Freire, 1983). Dentre os métodos de melhoramento de populações descritos por Paterniani (1978), podem ser usados em algodoeiro, os seguintes:

- Seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos, que seria adequada ao algodoeiro-mocó, em áreas de alta taxa de alogamia, por concentrar genes heteróticos.
- Seleção entre e dentro de famílias S1, adequada ao melhoramento do algodoeiro herbáceo ou anual.
- Seleção recorrente fenotípica, propícia ao melhoramento da precocidade e das características de fibras do algodoeiro-mocó e anual, em substituição à seleção massal.
- Seleção recorrente recíproca em famílias de meios-irmãos, adequada ao melhoramento de duas populações, destinadas à produção de híbridos F1.

Várias outras variantes tem sido ainda sugeridas por Fehr (1978), Lee (1987) e Müller e Rawlings (1967).

Nos programas de melhoramento da Embrapa, desenvolvidos em Mato Grosso e em Goiás, tem-se usado o método da seleção recorrente para obter populações segregantes que concentrem genes para resistência a viroses e doenças foliares, bem como para características tecnológicas de fibras superiores aos padrões comerciais, especialmente quanto ao comprimento e resistência das fibras.

A hibridação intra-específicas e inter-específica tem sido usada no algodoeiro como forma de combinação de características existentes em dois paternos e para ampliação da variabilidade. É usada com muitas variações, que vão desde a hibridação biparental, a cruzamentos triplos dirigidos, a cruzamentos múltiplos intra-específicos e até o uso de cruzamentos interespecíficos, sempre seguidos por autofecundação. Em todos os sistemas, nas fases de F2 a F5, é aplicado o método genealógico. Podem ser usadas, também, em métodos combinados de melhoramento, que incluem cruzamentos múltiplos, conduzidos por três ciclos da seleção recorrente, após os quais se aplica a seleção genealógica. A Embrapa lançou mão desse método combinado para a criação de uma população de base ampla (CNPA SRI5) que foi usada para o melhoramento do algodoeiro em condições de Cerrado, obtendo-se dessa população várias cultivares lançadas e plantadas no Cerrado, como a BRS Antares, BRS Aroeira, BRS Sucupira.

A produção de híbridos F1 de algodão é estudada desde 1947, quando se constatou a ocorrência de vigor híbrido. De início, surgiram três problemas para a produção de híbridos de algodão: era preciso se encontrar um meio de se separar, num lote de sementes, as sementes híbridas das oriundas de autopolinização; necessitava-se identificar as áreas de alta taxa de

alogamia e os insetos polinizadores principais; a semente obtida por cruzamento tinha custo muito elevado.

Em certas combinações, a identificação da semente híbrida pode ser feita com o uso de peneiras, porque em média, as sementes são mais longas. A identificação de áreas de polinização cruzada elevada que garantisse uma eficiência de polinização de 90 % foi possível na localidade de Lãs Cruces, no Novo México (Estados Unidos), e em várias localidades do Nordeste do Brasil (Freire, 1983). Por fim, o alto custo da semente produzida manualmente, inviabiliza a produção comercial de sementes híbridas em quase todas as regiões produtoras do mundo, com exceção da China e da Índia, onde custo da mão-de-obra é baixo. Nesses países, a semente híbrida é vendida a U\$6,50/kg e chega-se a produzir de 750 kg/ha a 3.700 kg/ha a mais que a semente oriunda de variedades puras. Para se desenvolver, com sucesso, um programa de híbridos de algodão, são necessários três programas de melhoramento em paralelo, incluindo-se:

- Um para desenvolver, sucessivamente, paternais fêmeas (macho estéril) normalmente aos pares, incluindo-se a linha isogênica A (macho-estéril) e a linha B (férteis).
- Outro para desenvolver paternais macho-recuperadores de fertilidade (linhas R).
- Um programa amplo de testes para isolamento das melhores combinações híbridas, dentre as milhares possíveis.

Em países como Israel, Índia, Uzbequistão e China, entre outros, já existem sementes híbridas em uso comercial. Identificaram-se combinações híbridas promissoras no Paquistão, no Vietnã, nos Estados Unidos, na Austrália, no Sudão e no Brasil. O cultivo de algodão híbrido em larga escala vem sendo efetuado na Índia e na China; na Índia, 28 % da área de 7,5 milhões de hectares são ocupados com algodões híbridos que produzem 42 % da produção de 13 milhões de fardos e, na China, estima-se que são cultivados mais de 15.000 ha com algodões híbridos (Basu, 1994).

Na Índia, a grande expansão da exploração de algodões híbridos deveu-se ao baixo custo da mão-de-obra de mulheres e de crianças usadas na emasculação e polinização manuais, assim como aos altos níveis de produtividade e excelentes características tecnológicas de fibras. Lá, tem-se intensificado estudos sobre escolha dos parentais, diversificação dos germoplasmas e capacidade de combinação, além de terem sido testadas milhares de combinações diplóides e tetraplóides, nos níveis intra e interespecíficos e, estudada a possibilidade da produção de híbridos via macho esterilidade citoplasmática (Basu, 1994).

Nos Estados Unidos, são desenvolvidos quatro tipos básicos de híbridos: híbridos de espécies (*G. hirsutum* versus *G. barbadense*), híbridos de tipos introgressivos, híbridos de algodão *Upland* e híbridos F2. No entanto, o maior esforço está concentrado nos híbridos F2, numa tentativa de se resolver o problema do alto custo da semente F1.

A companhia comercial Chembred tem usado um agente químico hibridisante (CHA) que induz a macho esterilidade e polinização por abelhas para a produção da semente F1, a qual é usada na produção da semente F2 que, por sua vez, é comercializada a preços competitivos com as sementes das cultivares tradicionais. Na Austrália, também estão sendo desenvolvidos estudos com híbridos F2.

No Brasil, a Embrapa desenvolveu uma série de cruzamentos intra e interespecíficos, visando à identificação das melhores combinações para obter híbridos a serem distribuídos na região de cultivo do algodoeiro mocó. No Cerrado, também foram identificadas combinações híbridas com altos valores heteróticos, especialmente para se obter algodoeiros de fibras extra-longas.

Mais recentemente, nos Estados Unidos, na Austrália e na China, estudos com híbridos estão sendo substituídos pelas pesquisas para a obtenção de cultivares transgênicas, para onde está sendo dirigida, prioritariamente, a maioria dos investimentos públicos e privados, bem como a atenção dos melhoristas do algodoeiro.

8. BIOTECNOLOGIA

Para a cultura do algodoeiro, os avanços mais importantes foram obtidos pela transgenia, voltada para o controle de insetos-pragas e resistência a herbicidas.

Os algodões transgênicos estão sendo obtidos a partir da cultivar Coker 312, primeira cultivar transformada por engenharia genética, a qual participa como progenitor doador dos genes incorporados. A essa cultivar já foram incorporados genes de *Bacillus thuringiensis* (Bollgard I e II e WideStrike) e *Vip3A* ou *Vip Cot*, que conferem resistência a lepidópteros (lagarta-da-maçã, curuquerê, lagarta-rosada e *Spodoptera*), os genes RR e RRFlex (*Roundup Ready e Roundup Flex*) que imprimem resistência ao herbicida glifosato, o gene BXN, que confere resistência ao herbicida para controle de folhas largas Bromoxynil (Buctril) e o gene Liberty Link, que confere resistência ao herbicida glufosinato de amônia.

Nos Estados Unidos, na safra 1996, foram plantados 750.000 ha de algodões transgênicos Bt, com apenas duas cultivares Bt (Nucotn 33 e Nucotn 35), mas já na safra 1997, foram lançadas pelo menos 17 novas cultivares transgênicas com os genes Bt, RR e B X N incorporados (Williams et al., 1997; Mccarty, 1997).

Em 2007, mais de 13,2 milhões de hectares de algodão foram plantados com sementes transgênicas, correspondendo a aproximadamente 38 % da área plantada com algodão no mundo (James, 2007). Estimava-se que 83 % da área total plantada com algodão nos Estados Unidos tenha sido efetuada com cultivares transgênicas. Estão em fase de incorporação genes que

conferem resistência a doenças (fusariose e verticiliose), resistência a outras pragas (coleópteros, afídeos, nematóides), características de fibras especiais e fibras coloridas, modificação na qualidade do óleo e eliminação do gossipol das sementes, as quais devem ser lançadas no mercado dos Estados Unidos, em curto prazo.

No Brasil, as pesquisas com transgenia avançam lentamente com a finalidade de se obter uma cultivar que confira resistência a insetos, com ênfase para o bicudo-do-algodoeiro.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRUBAKER, C.L.; PATERSON, A.H. WENDEL, J.F. Comparative genetic mapping of allotetraploid cotton and its diploid progenitors. **Genome**, Toronto, n. 42, p. 184-203, 1999.

BASU, A.K. Hibrid cotton sements and prospects. In: WOLD COTTON RESEARCH CONFERENCE, 1., 1994, Brisbane. **Proceedings...** Brisbane: CSIRO, 1994. p. 335-341.

BOULANGER, J. Histórico da cultura algodoeira no Nordeste. **Pesquisa Agropecuária do Nordeste**, Recife, n.3, p.15-24, 1971.

CARVALHO, L.P. de. O gênero *Gossypium* e suas espécies cultivadas e silvestres. In: BELTRÃO, N.E. de M. e AZEVEDO, D.M.P. de (Org.). 2. Ed. **O agronegócio do algodão no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v.1, p.252-70.

CRISÓSTOMO, J.R.; FREIRE, E.C.; CAVALCANTI, F.B. Avaliação de linhagens versus variedades comerciais de algodão herbáceo no agreste e no sertão do Nordeste brasileiro. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Algodão (Campina Grande, PB). **Melhoramento genético do algodoeiro**. Campina Grande, 1983a. p.7-28. (EMBRAPA-CNPA. Boletim de Pesquisa, 13).

CRISÓSTOMO, J.R.; FREIRE, E.C.; MOREIRA, J.A.N.; VIEIRA, R.de M.; BARREIRO NETO, M.; SANTANA, J.C.F. de; SANTOS, E.O.; CARVALHO, L.P.de; COSTA, J.N.da; **Origem e características das variedades de algodoeiros arbóreo e herbáceo indicados atualmente para o Nordeste brasileiro**. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1983b. 19p.

CRISÓSTOMO, J.R. Avaliação da estrutura e do potencial genético de uma população de algodoeiro (*G. hirsutum* L.) parcialmente autógama. Piracicaba: 1989. 191p. (Tese de Doutorado), ESALQ/USP.

CRONN, R.C., SMALL, R.L., HASELKORN, T., WENDEL, J.F. Rapid diversification of the cotton genus (*Gossypium*: Malvaceae) revealed by analysis of sixteen nuclear and chloroplast genes. **American Journal of Botany**, v. 89, p. 707-725, 2002.

DESSAW, D.; HAU, B. **Inventory and history of the CIRAD cotton (*Gossypium* spp.) germplasm collection**. Roma: Bioversity International, 2006. (IPGR Newslwttter. FAO Biodiversity. n.147). Disponível em: <http://www.bioversityinternational.org/Publications/PGRNewsletter/article.asp?lang=en&id_article=9&id_issue=147>. Acesso em: jan. 2008.

ENDRIZZI, J.E.; TURCOTTE, E.L.; KOHEL, R.J. Genetics, cytology, and evolution of *Gossypium*. **Advances in Genetics**, New York, v. 23, p. 271–375, 1985.

FEHR, W.R. Breeding. In: NORMAN, A.G. **Soybean physiology, agronomy and utilization**. New York: Academic Press, 1978. p.120-155.

- FREIRE, E.C. **Métodos de melhoramento disponíveis para o algodoeiro**. São Paulo: ESALQ/USP, 1983. 111p.
- FREIRE, E.C. **Algodão no cerrado**. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1998. 29p. (EMBRAPA-CNPA. Documentos, 57).
- FREIRE, E.C. Distribuição, coleta, uso e preservação das espécies silvestres de algodão no Brasil. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 2000. 28p. (EMBRAPA-CNPA. Documentos, 78).
- FREIRE, E. C.; MORELLO, C. L.; FARIAS, F. J. C. . Melhoramento do algodoeiro no cerrado. In: Eleusio Curvelo Freire. (Org.). **Algodão no cerrado do Brasil**. 1 ed. Brasília: Abrapa, 2007, v. 1, p. 267-318.
- FRYXELL, P.A. A revised taxonomic interpretation of *Gossypium* L. (Malvaceae). **Rheedea**. Calicut, v.2, p. 108–165, 1992.
- GRIDI-PAPP, I.L. Genética e melhoramento do algodoeiro. In: KERR, W.W. **Melhoramento e genética**. São Paulo: USP, 1969. Cap.4, p.75-93.
- HALLAUER, A.R.; MIRANDA FILHO, J.B. **Quantitative genetics in maize breeding**. Ames: Iowa State University, 1981. 468p.
- HARLAND, G.C. **Trabajos de seleccion del algodón Peruvian-Tanguis**. Lima: Sociedade Nacional Agraria/Instituto de Genetica de Algodon, 1944. 101p. (Boletin, 1).
- HUTCHINSON, J.B. The application of genetics to plant breeding. **Genetics**, Princeton, v.40, p.274-282, 1940.
- JAMES, C. Preview: global status of commercialized transgenics crops: 2004. ISAAA Briefs. No. 32. ISAAA, Ithaca, New York. 2004
- JOSHI, A.B. Breeding methodology for autogamous crops. **Indian Journal Genetics Plant. Breeding**, New Delli, v.39, p.567-578, 1979.
- LEE, J.A. Cotton. In: FEHR, W.R. [Ed.]. **Principles of cultivar development**. New York: Macmillan Publishing Co., 1987. p. 126-160.
- LEE, J.A. Cotton. As a world crop. In: KOHEL, R.J.; LEWIS, C.F. (ed.). **Cotton**. Madison: American Society of Agronomy, 1984. p.1-16.
- MANGUEIRA, O.B. Taxa de alogamia na cultura do algodoeiro mocó (*Gossypium hirsutum* var. *marie galante* Hutch). **Pesquisa Agropecuária no Nordeste**, Recife. v. 3, p.5-13, 1971.
- McCARTY, W. Farming with transgenics. In: BELTWIDE COTTON RESEARCH CONFERENCES, 1997, New Orleans. **Proceedings**. Memphis: National Cotton Council, 1997. p.16-17.
- MEREDITH, W.R. In breeding depression of selected F3 cotton progenies. **Crop Science**, Madison, v.19, p.86-88, 1979.
- MEREDITH, V.R.; BRIDGE, R.R. Natural crossing in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) in the Delta of Mississippi. **Crop Science**, Madison, v.13, p.551-552, 1973.
- MAYERS, L.; MAC DONALD, S.; KYAWU, **Cotton and wool outlook**. Washington: USDA, 2009. Disponível em: < <http://cottonusa.files.cms-plus.com/economicData/CWS-04-10-2009.pdf>>. Acesso em: abr. 2009.

- MORESCO, E.R. **Taxa de cruzamento natural do algodoeiro herbáceo no Estado do Mato Grosso**. Piracicaba. 1999. 71p. (Dissertação de Mestrado), ESALQ/USP.
- MULLER, P.A.; RAWLINGS, J.O. Breakup of inicial linkage though intermating in cotton breeding populations. **Crop Science**, Madison, v.7, p.199-204, 1967.
- NATIONAL COMPANY OF FOOD SUPPLY. Brazilian Crop Assesment. **Grain crop 2008/2009**: Sixth estimate april/2009. Brasília, DF, 2009. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/boletim_ingles_completo.pdf>. Acesso em: abr. 2009.
- NILES, G.A.; FEASTER, C.V. Breeding. In: KOHER, R.J.; LEWIS, C.F. **Cotton**. Madison: American Society of Agronomy, 1984. Cap. 7, p 202-229.
- OFFICE OF THE GENE TECHNOLOGY REGULATOR. The Biology of *Gossypium hirsutum* L. and *Gossypium barbadense* L. (cotton). 2008. Disponível em: Austrália <[www.health.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/Content/cotton-3/\\$FILE/biologycotton08.pdf](http://www.health.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/Content/cotton-3/$FILE/biologycotton08.pdf)>. Acesso em : jan. 2008.
- PATERNIANI, E. Coord. **Melhoramento e produção do milho no Brasil**. Piracicaba: ESALQ, 1978. 650p.
- PENNA, J. C. V. **Melhoramento do algodão**. In: BORÉM, A. Melhoramento de espécies cultivadas. Editora UFV, Viçosa, 2005, p. 15-53.
- PERCIVAL, A.E., STEWART, J.M., AND WENDEL, J.F. Taxonomy and germplasm resources. In **Cotton**: origin, history, technology and production. In: **Crop Production: Evolution, History, and Technology**. New York: John Wiley and Sons, 1999. p. 33–63.
- POEHLMAN, J.M. Breeding cotton. In: POELHMAN, J.M. **Breeding field crops**. 2. ed. Westport: AVI, 1979. p.355-380.
- POEHLMAN, J.M. SLEPER, D.A. Breeding field crops. Iowa: Iowa State University Press, 1995. 494p.
- SANCHEZ JUNIOR, J.L.B.; MALERBO-SOUZA, D.T. Frequência dos insetos na polinização e produção de algodão. **Acta Scientiarum**, Maringá: v. 26, n. 4, p. 461-465, 2004.
- SANTOS, R.F. dos; KOURY, J.; SANTOS, JW. O Agronegócio do algodão crise e recuperação no mercado brasileiro da matéria-prima agrícola. In: BELTRÃO, N.E. de M. e AZEVEDO, D.M.P. de (Org.). 2. Ed. **O agronegócio do algodão no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v.1, p.31-60.
- SIMPSON, D.M.; DUNCAN, E.M. Effects of selecting within selfed lines on the yield and other characters of cotton. **Agronomy Journal**, Madison, n. 45, p.275-278, 1953.
- SMITH, C. W. Cotton (*Gossypium hirsutum*). In: **Crop Production: Evolution, History, and Technology**. John Wiley and Sons, New York. 1995. p. 287-349.
- UNITED NATIOS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT - UNCTAD. **Cotton Crop: cultivation**. 2009. Disponível em: <http://www.unctad.org/infocomm/anglais/cotton/crop.htm>. Acesso em: abr. 2009.
- United natos Conference on Trade and Development.
- VALDERRAMA, C.A. **A Profile of the International Cotton Advisory Committee**. International Cotton Advisory Committee – ICAC. Disponível em: <<http://www.new-rules.org/docs/ffdconsultdocs/valderrama.pdf>>. Acesso em: fev. 2009.

VELLASCO, E. **Método de seleção e melhoramento do algodoeiro**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1932. 13p.

WALLACE, T.P; BOWMAN, D.; CAMPBELL, B. T. ; CHEE P. GUTIERREZ, O.A.; KOHEL, R.J.; MCCARTY, J.; MYERS, G.; PERCY, R.; ROBINSON, F.; SMITH, C.W.; STELLY, D. M.; STEWART, J.M.; THAXTON, P.; ULLOA, M.; WEAVER, D.B. Status of the USA cotton germplasm collection and crop vulnerability. **Genetic Resources Crop Evolution**. v.56, n.4, p.507-532 2009.

WENDEL, J. F.; CROWN, R. C. Polyploidy and the evolutionary history of cotton. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 78, p. 139-136, 2003.

WILLIAMS, C.; MITCHELL, J.; SWINDLE, M.; ALBERS, D. Paymaster's picker type transgenic cotton. In: BELTWIDE COTTON RESEARCH CONFERENCE, 1997, New Orleans. **Proceedings...** Memphis: National Cotton Council, 1997. p.40-41.

ZHANG, H-B; LI, Y.; WANG, B.; CHEE., P.W. Recent Advances in Cotton Genomics. **International Journal of Plant Genomics**, v. 2008, 2008. 20p. Disponível em: <<http://www.hindawi.com/GetArticle.aspx?doi=10.1155/2008/742304>>. Acesso em: mar., 2009.