

Melhoramento de plantas e a produção de alimentos



República Federativa do Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva
Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Roberto Rodrigues
Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Conselho de Administração

José Amauri Dimázio
Presidente

Clayton Campanhola
Vice-Presidente

Alexandre Kalil Pires
Dietrich Gerhard Quast
Sérgio Fausto
Urbano Campos Ribeiral
Membros

Diretoria-Executiva da Embrapa

Clayton Campanhola
Diretor-Presidente
Gustavo Jauark Chianca
Herbert Cavalcante de Lima
Mariza Marilena T. Luz Barbosa
Diretores-Executivos

Embrapa Tabuleiros Costeiros

Lafayette Franco Sobral
Chefe-geral

Maria de Fátima Silva Dantas
Chefe Adjunto de Administração

Maria de Lourdes da Silva Leal
Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Tabuleiros Costeiros
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

ISSN 1517-1329

Novembro, 2003

Documentos 56

Melhoramento de plantas e produção de alimentos

Márcio Gomes Squilassi

Aracaju, SE
2003

Disponível em <http://www.cpatc.embrapa.br>

Embrapa Tabuleiros Costeiros
Av. Beira Mar, 3250
Caixa Postal 44
Fone: **79-2261300
Fax: **79-2261369
www.cpatc.embrapa.br
E-mail: sac@cpatc.embrapa.br

Comitê Local de Publicações

Presidente: Maria de Lourdes da Silva Leal
Secretária-Executiva: Aparecida de Oliveira Santana
Membros: Emanuel Richard de Carvalho Donald
Ederlon Ribeiro de Oliveira
Marcondes Maurício de Albuquerque
Denis Medeiros dos Santos
Jéfferson Luis da Silva Costa
Hélio Wilson Lemos de Carvalho

Supervisora editorial: Aparecida de Oliveira Santana
Editoração eletrônica: Wesleane Alves Pereira

1ª edição 2003

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

SQUILASSI, M.G. Melhoramento de plantas e a produção de alimentos. 18 p, 2003. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos, 56). Disponível em <http://www.cpatc.embrapa.br>

CDD: 634.61

© Embrapa 2003

Autor

Márcio Gomes Squilassi

Pesquisador, M.Sc. Embrapa Tabuleiros Costeiros
E-mail: marcio.squilassi@cpatc.embrapa.br

Sumário

1	Introdução	5
2	Melhoramento de Plantas	7
3	Biotecnologia	10
3.1	Cultura de tecidos	10
3.2	Fusão de protoplastos	11
3.3	Marcadores moleculares	12
3.4	Transgenia	13
4	Considerações Finais	17
5	Referências Bibliográficas	18

Melhoramento de plantas e a produção de alimentos

Márcio Gomes Squilassi

1 Introdução

Um dos maiores desafios da humanidade nos próximos anos será, sem dúvida alguma, produzir alimentos. Não só produzi-los, mas também distribuí-los de modo eqüitativo entre toda a população, visando reduzir as desigualdades impostas pela sociedade, onde, de um lado encontram-se os países ricos (ou desenvolvidos), com excedente de alimento, e, de outro, os países pobres (em desenvolvimento ou subdesenvolvidos), onde há escassez. Nestes países, a situação é extremamente grave, onde a desigualdade social é mais acentuada e os menos favorecidos são postos em condições subumanas, não sendo raros os casos de subnutrição e até morte por falta de comida. No Brasil, cerca de 35 milhões de habitantes, ou 25% da população, encontra-se subnutrida (MARTINS, 2002).

Esta subnutrição agrava-se com a falta de saneamento básico e conseqüente exposição desta população à doenças erradicadas em países ricos, como a cólera. Pessoas mal nutridas e doentes estão expostas a uma gama enorme de mazelas advindas desta situação, desde maiores riscos em acidentes de trabalho, quando há trabalho e/ou subemprego, até morte precoce. Contribui para agravar esta questão social o baixo nível educacional desta população, o que faz com que sejam menos remunerados e, com isso, tenham pior acesso à recursos básicos, como alimentação, moradia, vestuário, educação, entre outros. Cabe ao Estado intervir e propiciar um rompimento deste ciclo vicioso

que degrada nossa sociedade, quer seja gerando violência, quer seja desrespeitando os direitos humanos dos cidadãos.

O aumento da oferta de alimento possui dois caminhos principais, senão únicos:

i) aumentar a área explorada pelas cadeias produtivas (agricultura e pecuária, principalmente) e ii) aumentar a produtividade (produção/área) (RAMALHO, 2001).

A primeira opção encontra sérias restrições ambientais, onde diversos ecossistemas já foram grandemente degradados para que novas fronteiras agrícolas pudessem ser abertas, onde percebe-se que houve um completo desrespeito ao equilíbrio ambiental e a perda de germoplasma é irreparável. Deve-se buscar alternativas para resguardar os ambientes ainda salvos deste tipo de atitude, que são fontes importantes de recursos, quer seja por atividade extrativista, quer seja para uso de germoplasma silvestre em trabalhos de melhoramento de plantas (SQUILASSI, 2003a). Assim sendo, resta a última alternativa, ou seja, aumentar a produtividade das áreas já exploradas. É neste contexto que o melhoramento de plantas adquire papel preponderante, não só nos dias atuais, mas de há muito tempo, onde vem realizando pesquisas e desenvolvendo cultivares mais produtivas, aumentando a oferta de alimentos e colaborando para a preservação de ecossistemas e ambientes naturais.

Tomemos como exemplo a previsão de que, em 2025, teremos 200 milhões de habitantes no Brasil. Considerando um consumo médio de 800 gramas/pessoa/dia, serão necessárias 160 milhões de toneladas de alimento/dia, ou cerca de 160 km de caminhões de alimentos por dia (RAMALHO, 2001).

Inicialmente será dada ênfase ao chamado melhoramento clássico, que utiliza os métodos tradicionais de melhoramento, ou seja, métodos baseados em seleção e recombinação de plantas. Posteriormente serão abordados os métodos biotecnológicos, que são importantes ferramentas auxiliares no processo total de melhoramento, que abrange desde o conhecimento de informações básicas sobre biologia floral até recursos de marketing para a comercialização de novas cultivares.

2 Melhoramento de Plantas

O melhoramento de plantas engloba todas as técnicas, métodos, estratégias ou recursos utilizados para que algum progresso seja incorporado a uma espécie vegetal. De modo geral, este progresso está relacionado com a melhora do conteúdo genético da espécie trabalhada, em estreita relação com a ambiente onde esta espécie será cultivada (BORÉM, 1997). Segundo MIRANDA FILHO (1994), "melhoramento genético é o ajustamento genético aos componentes físicos, químicos, biológicos, econômicos e sociais do ambiente", o que implica em ser uma atividade dinâmica, exigindo ajustes genéticos para se adaptar ao ambiente, que é dinâmico em função dos diferentes fatores que o compõem.

A uma variedade utilizada comercialmente dá-se o nome de cultivar. Deste modo, o melhorista trabalha com o objetivo de lançar melhores cultivares para serem utilizadas pelos agricultores.

Os métodos tradicionais, como já exposto, baseiam-se nos conceitos de herança mendeliana dos caracteres, ou seja, que as características a serem melhoradas são herdadas dos genitores pelas progênes. Assim, se o objetivo é incorporar resistência ao fungo causador da vassoura-de-bruxa no cacau (*Crinipellis pernicioso*), deve-se utilizar pelo menos um genitor que possua gene(s) que confira(m) resistência a este fungo nos cruzamentos, que será a fonte de resistência.

Os cruzamentos no melhoramento clássico restringem-se, no máximo, a espécies correlacionadas. Caso contrário, ter-se-á descendentes estéreis, o que é inviável, pois as características não poderão ser transmitidas às gerações futuras, terminando com o processo. No caso de métodos biotecnológicos, que serão abordados posteriormente, esta barreira reprodutiva deixa de existir.

O melhoramento visa obter genótipos superiores, mas a expressão destes genótipos, que são os fenótipos, dependem, entre outros, do ambiente onde este genótipo está (CHAVES, 2001). Para melhor clareza, considere-se dois clones de eucalipto (genótipos idênticos) plantados em solos com diferentes níveis de fertilidade, sendo um muito fértil e outro pobre em nutrientes.

Logicamente o clone que for plantado no primeiro solo terá um desenvolvimento (fenótipo) muito superior ao clone plantado no segundo tipo de solo. Isto exemplifica bem o efeito do ambiente sobre o fenótipo, que nunca

pode ser desprezado.

O efeito ambiental justifica-se quando da recomendação de cultivares, sendo que as mais adaptadas a certa região serão recomendadas. Há o exemplo clássico da cultura da soja no Brasil Central, onde introdução de variedades selecionadas (adaptadas) ao sul do país tiveram desempenho péssimo em baixas latitudes (região central), devido a problemas de fotoperiodismo.

Dentre os principais objetivos do melhoramento, pode-se destacar: i) aumento na produtividade; ii) resistência à adversidades ambientais (solos, clima, pragas, doenças, etc.); iii) adequação à exigências do mercado consumidor e iv) aumento na renda (BORÉM, 1997). Merecem destaque outras conseqüências deste processo, que são a melhoria na balança comercial do país, pois cerca de 40% das exportações do Brasil dependem do agronegócio, além da maior oferta de alimento, e conseqüente redução de preços ao consumidor, e melhora da condição nutricional da população. Dos cerca de US\$ 60 bilhões exportados em 2002 (RECEITA FEDERAL, 2002), US\$ 25 bilhões são oriundos do agronegócio (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2003).

O melhoramento teve seu início há cerca de 10 mil anos, quando o homem deixou de ser nômade e passou ao sedentarismo, vivendo em comunidades e iniciando o cultivo de plantas. Inconscientemente, o homem selecionava as melhores sementes para depois plantá-las, o que é um melhoramento, pois há seleção de melhores plantas. Com o início do comércio entre os povos, e, posteriormente, com as grandes navegações, iniciou-se trocas de germoplasma, quando plantas antes cultivadas em apenas um local passaram a ser cultivadas em regiões distantes, disseminado-as pelo planeta. O milho é originário da região do México e dos Andes, mas é cultivado em todo o mundo nos dias atuais. Praticamente todas as principais espécies cultivadas no Brasil são exóticas (originárias de outras regiões) . Como exemplos temos a soja e a laranja, que são originárias da China, o café (Etiópia África), trigo (Egito), feijão (Andes) e eucalipto (Austrália) (DESTRO e MONTALVÁN, 1999).

O melhoramento recebeu um grande impulso com a redescoberta das Leis de Mendel, em 1900, e com o desenvolvimento de técnicas de experimentação agrícola por R.A. Fisher e sua equipe, no período de 1919 a 1933. Estes dois eventos têm importância fundamental nos métodos utilizados atualmente.

Cabe aqui uma ressalva importante quando se fala de produção de plantas, pois a primeira idéia que normalmente se tem é a de produção de alimento (grãos, frutas, hortaliças, etc.). Em parte é verdade, mas apenas em parte, pois os vegetais são fontes de energia (álcool e carvão vegetal), madeira e celulose (papel), ornamentação (flores), fibras e óleos industriais (dendê, mamona, soja), entre outros. Assim, o melhoramento atua desde a melhora na qualidade de tecidos (fibras mais longas em algodão) até no uso em cosméticos (p.ex. óleo de copaíba). Fica fácil perceber que, no dia-a-dia, a presença de produtos vegetais é uma constante indispensável (SQUILASSI, 2003 b).

Some-se a isso que está sendo considerado apenas o primeiro nível da cadeia trófica, ou seja, o uso de vegetais *per se*, ou diretamente pelo homem. Quando passamos de consumidores primários (comemos um vegetal) para consumidores secundários (comemos carne de boi que come vegetal), não pode-se deixar de ressaltar a importância do melhoramento, buscando novas cultivares de pastagens e forrageiras, ou melhores milho, soja e outros mais adequados à produção de ração (melhor teor protéico). Ou seja, quando se ingere carne, indiretamente ocorre o benefício do uso de plantas, que foram alimento para o bovino, suíno, aves, etc. Do mesmo modo pode-se abordar o consumo de leite e derivados.

RAMALHO (2001) expôs o retorno financeiro obtido com diversas culturas. Segundo este autor, o ganho obtido com o melhoramento genético em eucalipto da década de 60 até a de 90 corresponde a 50% do ganho total. Considerando-se um incremento na produtividade de 20 m³/ha/ano, deduz-se que o ganho com melhoramento equivale a 10 m³/ha/ano. Sendo que a área de corte na década de 90 foi, em média, de 500 mil ha/ano, houve um aumento de 5 milhões de m³/ano de madeira (500 mil ha/ano x 10 m³/ha/ano). Ao preço de US\$ 50,00/m³ de madeira, em 1999, resulta num incremento de US\$ 250 milhões apenas no ano de 1999.

Este mesmo autor relatou ganhos com outras culturas. Como exemplo, o ganho obtido com o melhoramento do café, apenas no ano de 1998, foi de R\$ 2,1 bilhões. Com o feijão o ganho foi de R\$ 43 milhões por ano agrícola. Com a soja foi de R\$ 1,4 bilhão por ano e, com o milho, R\$ 5,2 bilhões por ano. Essas cifras são realmente muito expressivas e evidenciam a importância do trabalho do melhorista de plantas para o desenvolvimento do país. Mas é uma pena que os governantes não tenham esse reconhecimento, reduzindo cada vez mais os

recursos destinados à pesquisa em melhoramento, bem como em outras áreas de importância nacional.

2 Biotecnologia

Pode-se definir biotecnologia como "qualquer técnica que utilize organismos vivos ou partes, para fazer ou modificar produtos, melhorar plantas ou animais, ou desenvolver microrganismos para uso específico" (RAMALHO *et al.*, 1996). Quando interpretada de forma rígida, esta definição permite afirmar que produtos de panificação, vinho, cerveja, cachaça e derivados do leite (queijo e iogurte por exemplo) são produtos biotecnológicos, uma vez que utilizam organismos, ou melhor, microrganismos, para transformar um produto inicial em outro. A fermentação de uma mistura de cevada e lúpulo diluída em água por ação de uma levedura chamada *Saccharomices cerevisae* resulta na cerveja.

Em um conceito mais moderno, biotecnologia é o processo que envolve manipulação do material genético, ou o que é chamado de engenharia genética (BORÉM e SANTOS, 2001). Algumas técnicas desta biotecnologia moderna são descritas de forma sucinta a seguir.

2.1 Cultura de tecidos

A cultura de tecidos baseia-se em dois princípios. O primeiro é o da totipotência celular, ou seja, qualquer célula somática de um organismo possui toda informação genética deste organismo (RAMALHO *et al.*, 1996). Assim sendo, uma célula da pele possui o mesmo conjunto de cromossomos de uma célula do fígado ou outra qualquer. Isto é facilmente comprovado pelo fato de que o organismo todo origina-se de uma única célula, chamada de zigoto, que é formada pela união dos gametas masculinos e feminino (espermatozóide e óvulo nos animais).

O segundo princípio é o da multiplicação das células por mitose, onde uma célula-mãe produz duas células-filhas idênticas à ela (RAMALHO *et al.*, 1996). Desta forma, uma célula original (zigoto) divide-se por mitose formando duas células, que formam quatro e assim sucessivamente até o organismo se

constituir. É lógico que para que o organismo exista e funcione há a necessidade da diferenciação deste amontoado de células em tecidos, órgãos, etc., o que ocorre na fase embrionária.

Com estes dois princípios, pode-se regenerar um indivíduo a partir de uma ou algumas células (o que é chamado de explante), imitando o que ocorre no genitor feminino. Mas para que isto seja possível, as células que irão originar o novo indivíduo devem receber água, nutrientes e hormônios em proporções balanceadas para que a diferenciação celular ocorra de forma adequada. Estes ingredientes constituem o meio de cultura, no qual o explante será inoculado. Tudo isto foi desenvolvido em recipientes de vidro, daí a cultura de tecidos receber também a denominação de cultura *in vitro*. Atualmente utiliza-se também recipientes plásticos.

A cultura de tecidos é largamente utilizada em plantas, onde protocolos para regeneração de plantas estão descritos para diversas culturas. Normalmente utiliza-se tecidos meristemáticos como explantes, por serem tecidos de fácil regeneração e diferenciação.

Os principais usos da cultura de tecidos são a limpeza clonal (produzir clones livres de viroses), multiplicação clonal (produzir plantas idênticas à original), conservação de germoplasma *in vitro* e regenerar plantas em processos de transformação genética (transgenia ou produção de transgênicos).

2.2 Fusão de protoplastos

Protoplasto é a parte viva de uma célula vegetal, ou a célula vegetal sem a parede celulósica. Assim, a fusão de protoplastos é a união de protoplastos de diferentes origens (RAMALHO *et al.*, 1996). Objetiva unir em uma única célula o núcleo e o citoplasma de duas células. É utilizado quando não há possibilidade de cruzamento natural entre as duas espécies.

Atualmente é pouco utilizado, uma vez que os resultados obtidos até o momento não alcançaram os fins desejados. Sabendo-se que a nova célula formada possui os dois conjuntos cromossômicos das células unidas pela fusão, o funcionamento destes cromossomos em conjunto normalmente não inadequados e desbalanceados, produzindo indivíduos indesejados.

Um uso potencial é a transferência apenas do citoplasma da célula doadora,

para que genes de interesse presentes em mitocôndrias e cloroplastos possam ser transmitidos à célula receptora sem alterar o conjunto cromossômico do núcleo desta.

2.3 Marcadores moleculares

A tecnologia dos marcadores moleculares não é única, mas sim um conjunto de diversas técnicas que são utilizadas independentemente uma da outra de acordo com o objetivo. São diversas as técnicas existentes e são conhecidas pelas iniciais em inglês, como SSR (Single Sequence Repeat) ou microssatélites (LITT & LUTY, 1989), RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA) (WILLIAMS *et al.*, 1990), AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism) (VOS *et al.*, 1995) e RFLP (Restrict Fragment Length Polymorphism) (GRODZICKER *et al.*, 1974; BOTSTEIN *et al.*, 1980), dentre outras.

Cada técnica possui características próprias e métodos específicos, que não cabem aqui ser discutidos. Para maiores detalhes, recomenda-se FERREIRA e GRATTAPAGLIA (1995).

Quando uma região do genoma é identificada por um marcador (ou uma marca) e esta região está relacionada com uma característica de interesse, como a resistência a uma certa doença, a seleção poderá ser feita pela presença desta marca, o que corresponde ao fato de selecionar plantas com o gene de resistência. Isto é chamado de Seleção Assistida por Marcadores (SAM) ou Marker Assisted Selection (MAS) (SQUILASSI, 1997).

O uso de seleção assistida por marcadores (SAM) baseia-se no princípio de que, se um gene ou conjunto de genes está associado a um marcador molecular de fácil identificação, então a seleção para este marcador será mais eficiente do que para a própria característica (HAYWARD *et al.*, 1994). A SAM consiste de dois passos principais: identificação de associações entre locos marcadores e características de interesse e o uso destas associações para o desenvolvimento de populações melhoradas (DUDLEY, 1993). Entretanto a SAM deve ser encarada como uma ferramenta auxiliar e não substituta dos métodos tradicionais de melhoramento (LANDE & THOMPSON, 1990).

Os marcadores moleculares podem ser utilizados para estudos básicos de genética, como estudos de caracteres de herança quantitativa, taxa de

fecundação cruzada, ou, ainda, para a determinação da diversidade genética entre e dentro de populações.

2.4 Transgenia

Transgenia ou transformação gênica é o nome dado ao procedimento de produção de transgênicos ou organismos geneticamente modificados (OGMs). Estes podem ser definidos como "organismos cujo material genético (DNA ou RNA) tenha sido modificado por qualquer técnica de engenharia genética, recebendo genes exógenos" (RAMALHO *et al.*, 1996).

A base para que a transgenia possa funcionar é a universalidade do código genético, que é o responsável pela transmissão da informação genética. Esta universalidade determina que o código genético seja "lido" de forma idêntica em qualquer organismo que ele esteja inserido. Deste modo, uma informação genética é "lida" da mesma forma em uma bactéria, em um fungo, em uma ave, em um mamífero ou qualquer outro organismo.

Assim, um gene (que contém o código genético) que determina se uma bactéria é resistente a um herbicida funcionará do mesmo modo numa planta, e esta será resistente ao herbicida após a introdução nela deste mesmo gene, que foi retirado da bactéria.

As principais etapas de transformação genética são

- ↳ identificação do gene no organismo doador. É difícil, pois deve-se encontrar um gene entre milhares;
- ↳ clonagem deste gene, ou a produção de milhares ou milhões de cópias, para que se possa trabalhar com este gene sem perigo de perdê-lo;
- ↳ introdução no organismo receptor. É feito através de vetores, como a bactéria *Agrobacterium tumefaciens*, ou de técnicas, como a biobalística.
- ↳ Expressão do gene no local e momento adequados. Esta etapa é facilitada com a construção de genes sintéticos, onde as regiões promotoras e reguladoras são retiradas (ou copiadas) de genes que funcionam no mesmo local e momento que se deseja que o gene a ser inserido funcione;
- ↳ Regeneração da planta transformada;

✚ **Avaliação e comercialização.** Etapas fundamentais para testar se o gene inserido em uma planta transgênica está se expressando de acordo com o esperado.

É lógico que antes dos testes de campo e comercialização, o produto transgênico deve passar por todos os testes específicos da legislação de cada país. No Brasil, a CTNBio (Comissão Técnica Nacional de Biossegurança) determina a legislação e regulamenta o uso de transgênicos.

É natural que se tenha receio quanto ao uso de OGMs, uma vez que a humanidade sempre teve "medo" de novidades. Um exemplo é o uso da vacina contra a varíola, desenvolvida por Edward Jenner em 1778. A população recusou-se a ser vacinada à época e o pesquisador, para provar que não havia risco, vacinou seu filho. Hoje a varíola está extinta no planeta. No Brasil houve um caso semelhante, chamado de "Revolta da Vacina", quando a população se rebelou contra o fato de Oswaldo Cruz desejar vacinar a todos contra a febre amarela.

De modo geral, o homem tem sido vítima de suas invenções. Como exemplo, tem-se o efeito estufa causado em grande parte pelos gases produzidos pelos motores de combustão interna e pelas indústrias.

Mas ante este medo, há a produção de insulina humana por bactérias que receberam o gene humano de produção da insulina, o que torna mais barato e minimiza os riscos de uso desta insulina, uma vez que é a mesma produzida pelo organismo humano. Antes disso, utilizou-se insulina de porcos e, até mesmo, insulina retirada do fígado de cadáveres humanos. Sem dúvida, o risco era muito maior.

Argumenta-se que os transgênicos podem ser a solução para a fome no mundo. Ocorre que a FAO estima que a produção de alimentos seja 50% acima do consumo. Então, esta fome mundial é devida à má distribuição de alimentos e não à sua falta. Neste sentido, os transgênicos não possibilitarão solucionar este problema (SQUILASSI, 2003b).

Quanto ao risco ambiental, os OGMs poderão possibilitar um menor uso de produtos fitossanitários, e conseqüente menor risco ambiental, uma vez que estas plantas já podem conferir uma proteção natural contra pragas (insetos,

fungos, bactérias, nematóides, vírus e outros). Por outro lado, pode-se conduzir à formação de "superpragas", uma vez que as plantas resistentes exercerão uma pressão de seleção intensa sobre as pragas e, só aquelas com capacidade de sobrepujar a resistência imposta pelas plantas resistentes sobreviverão e produzirão descendentes. Assim, após diversas gerações, o número de indivíduos de uma certa praga que quebrou a resistência será grande o suficiente para causar uma epidemia e seu controle voltará a ser por meio de produtos fitossanitários, com um controle, em muitos casos, mais difícil e caro do que seria o anterior à seleção imposta pelos transgênicos. Outro entrave neste sentido é o esgotamento de fontes de genes de resistência (CARVALHO, 1999).

Há também o problema do escape gênico, onde uma plantação de transgênicos poderia contaminar plantas selvagens existentes, pelo fluxo gênico natural, ou seja, pólen contendo material genético exógeno (da planta transgênica) pode cair em outra planta selvagem (natural de um certo local) gerando sementes transgênicas, e, conseqüentemente, novas plantas transgênicas onde antes havia plantas em estado selvagem (BORÉM, 2001).

Como exemplo, podemos citar um plantio de 1 (um) hectare de soja, com um plantel estimado em 400.000 plantas. A soja é uma planta autógama (de autofecundação), mas com cerca de 1% de alogamia (fecundação cruzada), ou seja, 1% das 400.000 plantas de 1 ha trocam genes entre si por meio de cruzamentos naturais. Assim, tem-se, aproximadamente, 4.000 plantas em 1 ha trocando genes. Ocorre que um plantio comercial ocupa áreas extensas, da ordem de milhares de hectares, o que multiplica o efeito do escape gênico. Como exemplo, em um plantio de 1.000 ha de soja, 4.000.000 (quatro milhões) de plantas trocam genes. Se estas plantas forem transgênicas, poderão contaminar a plantação do vizinho ou, como já citado, transferir este gene exógeno para plantas selvagens.

Este problema encontra um complicador ainda maior quando se trata de uma cultura tipicamente alógama (de fecundação cruzada), como é o caso do milho, onde cerca de 99% das plantas trocam genes entre si. Para um plantel de 50.000 plantas em 1 ha, teremos 49.500 plantas trocando genes. Em 1.000 hectares, serão 49.500.000 (quarenta e nove milhões e quinhentas mil plantas), o que aumenta muito o risco (SQUILASSI, 2001).

O menor custo alegado para produzir transgênicos poderá esbarrar em um maior preço pago a produtos não transgênicos, além de que estes últimos não necessitam criar uma cadeia produtiva nova, enquanto que os transgênicos forçarão a formação de cadeias produtivas segregadas, ou independentes, desde a colheita até o processamento final, para que não ocorra mistura, o que poderá onerar os custos finais ao consumidor.

Ressalte-se que é muito importante acompanhar o progresso científico enquanto as discussões sobre as conseqüências do cultivo e uso de transgênicos transcorre paralelamente a este progresso. Neste sentido, o Brasil tem sido altamente competente, sendo um dos poucos países com domínio das técnicas de produção de transgênicos.

Em 1995 foi criada a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), já citada, que é o órgão responsável pelo controle e regulamentação do uso de materiais geneticamente modificados. Cabe a CTNBio emitir pareceres sobre os OGMs, mas a liberação para cultivo e comercialização é de responsabilidade de outras esferas do governo federal (GARRAFA, 1999).

Quanto à comercialização de OGMs, o Instituto de Defesa do Consumidor (Idec) determina que haja uma rotulagem específica informando ao consumidor da presença de material transgênico no produto a ser consumido, para que este possa ter poder de escolha e ser informado sobre o que está consumindo.

Apenas para ilustrar o crescimento do cultivo de OGMs, a área total plantada com estes produtos em 1996 era de 1,7 milhão de hectares. Em 2000, passou para 44 milhões de ha.

Nos Estados Unidos, área cultivada com soja, milho e algodão transgênicos correspondia a 50, 25 e 56% da área total de cada cultura em 1999, respectivamente. Outros países onde o uso de transgênicos é grande são a Argentina (soja e milho), Canadá (canola) e China (algodão) (SQUILASSI, 2001).

Existem duas condutas que devem ser evitadas: a que defende a liberação a qualquer custo e a que é extremamente contrária. A primeira não pondera muitas das considerações acima descritas e percebe-se claramente que defende interesses comerciais acima de tudo, incluindo o uso de sementes contrabandeadas. Estas sementes não passam por um período de quarentena e

podem introduzir novas pragas no país, além de ser uma atividade ilegal.

A segunda toma atitudes extremadas no sentido de coibir os transgênicos, usando em muitos casos de força ou divulgando informações falsas sobre os OGMs. Havia informações internet (a qual não está mais disponível) de que os morangos com má formação, ou melhor, aqueles frutos com formato que não o tradicional do morango só poderiam ser produtos transgênicos. Para um leitor menos informado, isto passa a ser uma verdade absoluta e este transforma-se num veículo de divulgação deste fato absurdo. A verdade é que esta má formação dos frutos de morango são resultados do efeito ambiental.

Para este grupo, os OGMs são "Frankenfood", ou alimentos "Frankenstein", uma alusão ao personagem da literatura, que seria um monstro criado a partir de partes de seres humanos. Ora, os transgênicos não são monstros, estão longe disto.

Conforme já relatado, importa mais acompanhar o progresso científico e manter um debate científico a respeito das conseqüências ao ser humano e ao ambiente, do que simplesmente cruzar os braços e esperar uma resposta, ou pressionar por uma liberação sem medir os riscos.

3 Considerações Finais

Um dos principais desafios que o homem irá enfrentar é produzir alimento suficiente para a população mundial. Neste sentido, o Brasil deverá estar preparado para alimentar cerca de 200 milhões de habitantes em 25 anos. Para isso, é necessário que maiores investimentos sejam feitos no campo agrícola. Novas pesquisas devem ser desenvolvidas para propiciar ao agricultor produzir mais e com melhor qualidade, além de buscar novos meios de se reduzir o desperdício no setor de pós-colheita.

Um dos principais meios de aumentar a produtividade é o melhoramento de plantas, onde cultivares mais produtivas, mais resistentes e mais adaptadas às condições de cultivo podem ser desenvolvidas. Para isto, é necessário que o governo retome seus investimentos na área de pesquisas.

Mas esta maior produção de alimentos não deve estar isolada, mas sim acompanhada de uma melhoria no aspecto social. Urge que uma melhor distribuição de renda exista, para que a população mais carente possa ter

acesso a estes alimentos e, desta forma, estar mais preparada.

Como fazer para integrar os setores econômico e social talvez seja o grande desafio a ser enfrentado.

4 Referências Bibliográficas

BORÉM, A. **Escape gênico & transgênicos**. 1ª ed. Ed. Suprema. 2001. 204 p.

BORÉM, A. **Melhoramento de plantas**. 20ª ed. Viçosa: Editora UFV, 1997. 547 p.

BORÉM, A; SANTOS, F.R. **Biotecnologia simplificada**. 1ª ed. Ed. Suprema, 2001. 249 p.

BOTSTEIN, D., WHITE, R.L., SKOLNICK, M., DAVIS, R.W. Construction of a genetic linkage map in man using restriction fragment length polymorphisms. **American Journal of Human Genetics**, v.32, p.314-331. 1980.

CARVALHO, J.L.H. de Impactos das Biotecnologias na agricultura, estrutura agrária e soberania alimentar. In.: Seminário Internacional sobre biodiversidade e transgênicos, 1999, Brasília. **Anais...** Brasília-DF: Senado Federal. p. 63-71.

CHAVES, L.J. Interação de genótipos com ambientes. In.: NASS, L.L.; VALOIS, A.C.C.; MELO, I.S.; VALADARES-INGLIS, M.C. (eds.) **Recursos genéticos e melhoramento - Planta**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p. 673 713.

DESTRO, D.; MONTALVÁN, R. **Melhoramento genético de plantas**. 1ª ed. Londrina: Editora UEL, 1999. 818 p.

DUDLEY, J.W. Molecular markers in plant improvement: manipulation of genes affecting quantitative traits. **Crop Science**, v.33, p.660-668, 1993.

FERREIRA, M.E., GRATTAPAGLIA, D. **Introdução ao uso de marcadores moleculares RAPD e RFLP em análise genética**. Brasília: EMBRAPA/CENARGEN, 1995, 220 p.

GARRAFA, V. Ciência, poder e ética. In.: Seminário Internacional sobre biodiversidade e transgênicos, 1999, Brasília. **Anais...** Brasília-DF: Senado Federal. p. 9-20.

GRODZICKER, T., WILLIAMS, J., SHARP, P., SAMBROOK, J. Physical mapping of temperature-sensitive mutations of adenoviruses. Cold Spring Harbor

Symposium. **Quantative Biology**, v.39, p.439-446. 1974.

HAYWARD, M.D., McADAM, N.J., JONES, J.G., EVANS, C., EVANS, G.M., FORSTER, J.W., USTIN, A., HOSSAIN, K.G., QUADER, B., STAMMERS, M., WILL, J.K. Genetic markers and the selection of quantitative traits in forage grasses. **Euphytica**, v.77, p.269-275, 1994.

LANDE, R., THOMPSON, R. Efficiency of marker-assisted selection in the improvement of quantitative traits. **Genetics**, v.124, p.743-756, 1990.

LITT, M., LUTY, J.A. A hypervariable microsatellite revealed by *in vitro* amplification of a dinucleotide repeat within the cardiac muscle actin gene. **American Journal of Human Genetics**., v.44, p.398-401. 1989.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Balança comercial do agronegócio Histórico evolutivo: Período 1990 a 2002. **Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento**, Brasília, 2003. Disponível em <http://www.agricultura.gov.br/spc/balanca/evolucao_historica_balanca_anual.pdf>. Acesso em 14 de jul. 2003;

MARTINS, Lucia. Ipea critica cálculo usado por equipe do PT: Para pesquisador, confunde-se pessoas pobres com as que passam fome. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, 30 out. 2002. Disponível em: <<http://www5.estado.com.br/editorias/2002/10/30/pol030.html>>. Acesso em: 15 mar. 2003.

MIRANDA FILHO, J.B. **Melhoramento genético vegetal: princípios e métodos**; melhoramento genético e melhoramento ambiental. Piracicaba: ESALQ/Departamento de Genética, 1994. p. 1-6 (Publicação Didática).

RAMALHO, M.A.P. Melhoramento genético de plantas no Brasil: situação atual e perspectivas. In: Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas, 1, 2001, Goiânia. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. CD-ROM.

RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.; PINTO, C.B. **Genética na agropecuária**. 5ª ed. São Paulo: Editora Globo, 1996. 359 p.

RECEITA FEDERAL Tabela 1.0 Saldo da balança comercial brasileira. **Receita Federal**, Brasília, 2002, Disponível em <<http://www.receita.fazenda.gov.br/Historico/Aduana/Balanca/2002/dezembro/Tabelas/tabela10.htm>>. Acesso em: 14 jul. 2003;

SQUILASSI, Márcio Gomes. Produção de alimentos I. **Portal Embrapa Tabuleiros Costeiros**, Aracaju, 2003, Disponível em: <<http://riomar.cpatc.embrapa.br/index.php?idpagina=artigos&artigo=974>>

Acesso em: 07 jul. 2003a;

SQUILASSI, Márcio Gomes. Produção de alimentos II. **Portal Embrapa Tabuleiros Costeiros**, Aracaju, 2003, Disponível em:
<<http://riomar.cpatc.embrapa.br/index.php?idpagina=artigos&artigo=975>>
Acesso em: 07 jul. 2003b;

SQUILASSI, M.G. Produção de alimentos, melhoramento genético e biotecnologia. In: I FORUM MULTIDISCIPLINAR DO *CAMPUS* AVANÇADO DE JATAÍ, 2001, Jataí. **Anais...** 2001. p. 1119.

SQUILASSI, M.G. **Mapeamento de QTL por desequilíbrio de ligação e eficiência da seleção assistida por marcadores em *Eucalyptus***. 1997. 84 f. Dissertação (Mestrado em Genética) Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

VOS, P., HOGERS, R., BLEEKER, M., REIJANS, M., LEE, T.V., HORNES, M., FRIJTERS, A., POT, J., PELEMAN, J., KUIPER, M., ZABEAU, M. AFLP: a new technique for DNA fingerprinting. **Nucleic Acids Research**, v.23 (21), p.4407-4414. 1995.

WILLIAMS, J.G.K., KUBELIK, A.R., LIVAK, K.J., RAFALSKI, J.A., TINGEY, S.V. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. **Nucleic Acids Research**, v.18, p.6531-6535. 1990.



Tabuleiros Costeiros

**MINISTÉRIO DA AGRICULTURA,
PECUÁRIA E ABASTECIMENTO**

